



TUGAS AKHIR - MO141326

**ANALISA PERILAKU TIANG PANCANG PADA STRUKTUR
PERPANJANGAN KANAL *WATER INTAKE* PLTGU GRATI**

CAHYANINGTYAS SRIANDINI

NRP. 4312 100 024

Dosen Pembimbing :

Sholihin, S.T., M.T.

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

2016



FINAL PROJECT- MO141326

**BEHAVIOR ANALYSIS OF PILE ON THE STRUCTURE EXTENSION OF
CANAL WATER INTAKE PLTGU GRATI**

CAHYANINGTYAS SRIANDINI

NRP. 4312 100 024

Supervisor :

Sholihin, S.T., M.T.

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2016

**ANALISA PERILAKU TIANG PANCANG PADA STRUKTUR
PERPANJANGAN KANAL *WATER INTAKE* PLTGU GRATI**

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Progran Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

CAHYANINGTYAS SRIANDINI

NRP. 4312 100 024

Disetujui oleh :

1. Sholihin, S.T., M.T.

(Pembimbing I)

2. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

(Pembimbing II)

3. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D.

(Penguji 1)

4. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

(Penguji 2)



Surabaya, Juli 2016

ANALISA PERILAKU TIANG PANCANG PADA STRUKTUR PERPANJANGAN KANAL *WATER INTAKE* PLTGU GRATI

Nama : Cahyaningtyas Sriandini
NRP : 4312100024
Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Sholihin, S.T., M.T.
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Grati terletak di kecamatan Lekok, Pasuruan dan memiliki dua buah *jetty*. Dalam perancangan *jetty* tidak bisa terlepas dari penggunaan pondasi, karena pondasi digunakan untuk menyalurkan beban struktur bagian atas ke tanah penunjang pada kedalaman tertentu. Jenis tumpuan merupakan salah satu parameter yang harus diperhatikan dalam pencanaan pondasi. Karena jenis tumpuan akan berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai gaya dalam yang ada pada struktur. Gaya dalam tersebut diantaranya adalah gaya aksial, gaya geser, momen, defleksi, dan tegangan. Tugas akhir ini akan meneliti perilaku tiang pancang pada struktur perpanjangan kanal *water intake*. Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan *jetty* menggunakan dua model tumpuan, yaitu tumpuan jepit dan tumpuan *spring*. Pemodelan tersebut dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SAP2000. Dari penelitian ini diketahui bahwa nilai gaya aksial, gaya geser, momen, defleksi, tegangan maksimum dan tegangan minimum tiang pancang dengan tumpuan *spring* lebih kecil dibandingkan hasil *output* tiang pancang dengan tumpuan jepit. Selilih masing-masing *output* tersebut yaitu 347.786 kN untuk gaya aksial; 11.948 kN untuk gaya geser; 8.167 kN.m untuk momen; 0.010 m untuk defleksi; dan 2642.680 kN/m² untuk tegangan maksimum, serta -1619,220 kN/m² untuk tegangan minimum. Pada penelitian ini juga diperoleh panjang tiang pancang dengan tumpuan jepit adalah 26.5 m dan 25.5 m untuk tumpuan *spring*. Sehingga tipe tumpuan yang cocok digunakan untuk struktur perpanjangan kanal *water intake* PLTGU Grati ialah tipe tumpuan *spring* karena di nilai lebih hemat dan dapat mereduksi harga sekitar 3.77% dibandingkan dengan menggunakan tumpuan jepit.

Kata kunci : Tumpuan jepit, tumpuan *spring*, gaya dalam.

BEHAVIOR ANALYSIS OF PILE ON STRUCTURE EXTENSION OF CANAL WATER INTAKE PLTGU GRATI

Name : Cahyaningtyas Sriandini
NRP : 4312100024
Department : Ocean Engineering FTK-ITS
Supervisors : Sholihin, S.T., M.T.
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

ABSTRACT

Power Gas and Steam (Power Plant) Grati located in the district of Lekok, Pasuruan and has two *jettys*. In the design of jetty can not be separated from the use of foundation, because foundation is used for distribute the load structure of the top to the supporting ground at a certain depth. Type of supported is one of the parameters to be considered in foundation design. Type of supported will be affect to the amount of value in the intenal forces of the structure. Intenal forces is the axial force, shear, moment, deflection, and stress. In this final project will examine the behavior of pile on structure extension of canal water intake. This research will be conducted modeling jetty using two joint support, the fixed support and the spring support. This modeling helped by software SAP2000. This research shows that the value of the axial force, shear, moment, deflection, maximum stress and minimum stress of piles with spring support smaller than the output of piles with fixed support. With the quarrel each is 347.786 kN for the axial force; 11.948 kN for shear force; 8.167 kN.m for moments; 0.010 m for deflection; 2642.680 kN/m² for maximum stress, and -1619,220 kN/m² for minimum stress. This research is also obtained long of pile with fixed support is 26.5 m and 25.5 m for spring support. Suitable support type for used on structure extension of canal water intake PLTGU Grari is spring support, because the value is more efficient and can reduce the price 3.77% as compared to using a fixed support.

Keywords: fixed support, spring support, internal force.

KATA PENGANTAR

Alahamdulillahirabbil'aalamiin, puji Syukur kehadiran Allah Subhanahuwata'ala karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Tugas Akhir kali ini penulis mengangkat tema Struktur Pantai dengan judul **“Analisa Perilaku Tiang Pancang pada Struktur Perpanjangan Kanal *Water Intake* PLTGU Grati”**.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan jenjang Strata-1 (S1) pada Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Tugas akhir ini berisi tentang perbandingan perilaku tiang pancang antara tumpuan jepit dengan tumpuan *spring*.

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari pembaca sekalian untuk bahan penyempurnaan pada laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak dan dapat mendukung kemajuan pendidikan khususnya dalam bidang kemaritiman. Terima Kasih.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbil‘aalamiin. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan sebagai bentuk apresiasi kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir dan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu mendoakan penulis, memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
2. Bapak Sholihin, S.T., M.T. dan Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, nasehat dan pembelajaran.
3. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan yang telah memberikan banyak saran dan bimbingan.
4. Seluruh Dosen Teknik Kelautan yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis selama berada di bangku perkuliahan.
5. Karyawan Tata Usaha Jurusan Teknik Kelautan ITS atas bantuan administrasi yang diberikan kepada penulis.
6. Dikti yang memberikan bantuan beasiswa sehingga penulis bisa menyelesaikan kuliah.
7. Teman-teman satu bimbingan Tugas Akhir (Liestia, Febri, Vita, Yuli, dan Yoffan) yang senantiasa memberikan bantuan selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman angkatan 2012 “VARUNA” L30 yang telah menemani penulis selama 4 tahun di bangku perkuliahan serta semua pihak tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Terimakasih untuk segala bentuk dukungan dan bantuannya, semoga Allah Subhanahuwata’ala senantiasa meridhoi dan membalas kebaikan kalian semua. Demikian ucapan terimakasih ini penulis sampaikan, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat pada setiap pihak yang membutuhkan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	4
1.5. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Pasang Surut	7
2.2.2. Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang (Analisis Frekuensi)	9
2.2.3. Gelombang Pecah	11
2.2.4. Tanah Sebagai Bahan Pondasi	14
2.2.5. Pondasi	16
2.2.6. Tiang Pancang	18
2.2.7. Penggolongan Tiang Pancang	18
2.2.8. Pembebanan	20
2.2.9. Kapasitas Daya Dukung Aksial	26
2.2.9.1. Daya Dukung Aksial Aksial Tiang Tunggal Metode Mayerhof	26

4.7.2. Perhitungan Kedalaman.....	52
4.7.3. Perhitungan Gaya Anchor	55
4.7.4. Penentuan Kriteria <i>Sheet pile</i>	55
4.8. Pemodelan Struktur Tiang Pancang	58
4.8.1. Tumpuan Jepit	59
4.8.2. Tumpuan Pegas	60
4.9. Pembebanan	62
4.10. Hasil Pemodelan.....	64
4.11. Analisa dan Pembahasan	66
4.11.1. Pebandingan <i>Ouput</i> Tumpuan Jepit dengan Tumpuan <i>Spring</i>	66
4.11.2. Data Tanah.....	69
4.11.3. Daya dukung aksial	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1. Kesimpulan.....	75
5.2. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar	10
Tabel 2.2.	Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	16
Tabel 2.3.	Koefisien Koreksi SPT.....	27
Tabel 2.4.	Hubungan <i>Modulus of Subgrade Reaction</i> (k_1) dengan Nilai C_u	31
Tabel 2.5.	Faktor Untuk Menghitung Nilai dari Koefisien Modulus Variasi (η_h) untuk Tanah Tak Nonkohesif Dalam	31
Tabel 2.6.	Kriteria Penentuan Kekakuan Tiang Sebagai Tiang Panjang atau Tiang Pendek.....	32
Tabel 4.1.	Hasil Analisis Harmonik Pasang Surut Di PLTGU Grati	44
Tabel 4.2.	Tinggi Gelombang Signifikan 2004-2014	46
Tabel 4.3.	Perhitungan Gelombang dengan Kala Ulang	46
Tabel 4.4.	Gelombang dengan Kala Ulang Tertentu.....	47
Tabel 4.5.	Perhitungan Momen Di Titik O	53
Tabel 4.6.	Menentukan Letak Titik x	56
Tabel 4.7.	Perhitungan Momen Di Titik x	57
Tabel 4.8.	Perhitungan Nilai <i>Subgrade Reaction</i> Untuk Tanah Lempung	61
Tabel 4.9.	Perhitungan Nilai <i>Subgrade Reaction</i> Untuk Tanah Berpasir	61
Tabel 4.10.	Nilai Gaya Aksial, Gaya Geser, Momen dan Defleksi Tiang Pancang dengan Tumpuan Jepit Akibat Pembebanan	64
Tabel 4.11.	Nilai Tegangan Maksimum Tiang Pancang dengan Tumpuan Jepit Akibat Akibat Pembebanan	65
Tabel 4.12.	Nilai Gaya Geser, Momen dan Defleksi Tiang Pancang dengan Tumpuan <i>Spring</i> Akibat Pembebanan	65
Tabel 4.13.	Nilai Tegangan Maksimum Tiang Pancang dengan Tumpuan <i>Spring</i> Akibat Pembebanan	65
Tabel 4.14.	Perbandingan <i>Ouput</i> Tumpuan Jepit dengan Tumpuan <i>Spring</i>	66
Tabel 4.15.	Daya Dukung Ijin dengan Berbagai Diameter	70
Tabel 4.16.	Penentuan Kedalaman Penetrasi Tiang Pancang Untuk Tumpuan Jepit..	71
Tabel 4.17.	Penentuan Kedalaman Penetrasi Tiang Pancang Untuk Tumpuan <i>Spring</i>	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Lokasi Kanal <i>Water Intake</i> PLTGU Grati.....	6
Gambar 2.1.	Kurva Tinggi Gelombang Pecah Terhadap <i>Wave Steepness</i> Laut Dalam	12
Gambar 2.2.	Dimensi Kedalaman Gelombang Pecah dengan Variasi <i>Steepness</i>	12
Gambar 2.3.	Geometri Gelombang Pecah	13
Gambar 2.4.	Kurva Hubungan Antara D_s/Gt^2 Dan H_b/D_s	14
Gambar 2.5.	Macam-Macam Tipe Pondasi.....	17
Gambar 2.6.	Tiang Pancang Ditinjau dari Cara Mendukung Bebannya	19
Gambar 2.7.	Distribusi Tekanan Gelombang	21
Gambar 2.8.	Grafik Penentuan Nilai A_1	22
Gambar 2.9.	Grafik Penentuan Nilai $\frac{1}{\cosh(2\pi h/L)}$	22
Gambar 2.10.	Distibusi Arus.....	23
Gambar 2.11.	Distribusi Tekanan Hidrostatik.....	24
Gambar 2.12.	Perhitungan Nilai P_{min}/H	25
Gambar 2.13.	Perhitungan Nilai S/H	25
Gambar 2.14.	Perhitungan Nilai P_2/H	25
Gambar 2.15.	Koefisien Adhesi Antara Tiang dan Tanah	28
Gambar 2.16.	Aplikasi Pondasi Tiang dalam Menahan Beban Lateral	29
Gambar 2.17.	Tiang Pendek Dikenai Beban Lateral	30
Gambar 2.18.	Tiang Panjang Dikenai Beban Lateral	30
Gambar 2.10.	Nilai <i>Poisson Rasio</i>	34
Gambar 2.11.	Nilai <i>Secant Modulus</i> Tanah	34
Gambar 3.1.	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	37
Gambar 3.2.	Ilustrasi Tumpuan Jepit Dengan Tumpuan <i>Spring</i>	40
Gambar 4.1.	Grafik Pasang Surut PLTGU Grati.....	44
Gambar 4.2.	<i>Layout Jetty</i>	51
Gambar 4.3.	Ilustrasi Distribusi Beban pada Turap	52
Gambar 4.4.	Ilustrasi Beban pada Turap Untuk Menentukan Momen Di Titik O	53

Gambar 4.5.	Ilustrasi Beban pada Turap Untuk Menentukan Momen Di Titik x	55
Gambar 4.6.	Ilustrasi Beban pada Turap Untuk Menentukan Momen Di Titik x Dengan Panjang Lengan 2,6 M	57
Gambar 4.7.	Pemodelan Tiang Pancang dengan Tumpuan Jepit	60
Gambar 4.8.	Pemodelan Tiang Pancang dengan Tumpuan <i>Spring</i>	62
Gambar 4.9.	Pembebanan Akibat Beban Mati pada Struktur <i>Jetty</i> dengan Tumpuan Jepit dan <i>Spring</i>	63
Gambar 4.10.	<i>Input</i> Beban Kombinasi Pada Struktur <i>Jetty</i> dengan Tumpuan Jepit dan <i>Spring</i>	63
Gambar 4.11.	Defleksi pada Tumpuan Jepit	67
Gambar 4.12.	Detail Defleksi pada Joint 4 Tumpuan Jepit	67
Gambar 4.13.	Defleksi pada Tumpuan <i>Spring</i>	67
Gambar 4.14.	Detail Defleksi pada Joint 128 Tumpuan <i>Spring</i>	68
Gambar 4.15.	Detail Defleksi pada Tumpuan Jepit (pada Kedalaman 9,5 m dtau pada Joint 123) dan Tumpuan <i>Spring</i> (pada Kedalaman 8,5 m atau pada Joint 2012)	68
Gambar 4.16.	Data <i>Bor Log</i> Tanah Di PLTGU Grati	69

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A** SPESIFIKASI *SHEET PILE*
- LAMPIRAN B** SPESIFIKASI TIANG PANCANG
- LAMPIRAN C** *LAYOUT JETTY*
- LAMPIRAN D** GAMBAR PEMODELAN KOMPUTER
- LAMPIRAN E** *OUTPUT* PEMODELAN TIANG PANCANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Grati merupakan Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Perak-Grati yang terdiri dari 2 blok yang mendapat suplai gas dari sumur Oyong dan Wortel. Berlokasi di Desa Wates, Kecamatan Lekok, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Tepatnya di tepi perairan Selat Madura. Pembangkit listrik yang telah beroperasi sejak tahun 2002 ini dibangun pada lahan seluas 70 hektar yang terdiri dari 35 hektar daerah pantai dan 35 hektar lahan reklamasi. Salah satu proyek yang sedang beroperasi adalah *Compressed Natural Gas* (CNG) Plant yang memiliki kemampuan menyalurkan gas untuk 3 unit gas turbin pembangkit listrik dengan total kapasitas 300 Megawatt yang digunakan untuk memenuhi beban puncak pada sistem kelistrikan Jawa Bali dan dikelola oleh PT. Indonesian Power yang merupakan anak perusahaan PT. PLN.



Gambar 1.1. Lokasi Kanal Water Intake PLTGU Grati

(Sumber: www.google.co.id/maps)

Saat beroperasi, pembangkit listrik ini memerlukan pendingin (kanal *water intake*) yang digunakan untuk mendinginkan mesin turbin. Kanal *water intake*

berupa dua buah *jetty* yang di bangun sejajar sebagai pintu masuk air laut. *Jetty* tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya sedimentasi yang dapat mengganggu jalannya air laut masuk menuju sistem pendingin. Dimana, air laut yang sudah masuk sistem pendingin kemudian dipompa menuju ke kondensor dan digunakan sebagai pendingin mesin.

Meskipun telah dibangun *jetty*, hampir setiap tahun dilakukan pengerukan di daerah kanal *water intake* akibat dari transpor sedimen dari daerah disekitar menuju kanal (Damerianne dkk. 2013). Kondisi ini menyebabkan terjadinya pengendapan sedimen di area kanal *water intake* sehingga mengurangi debit aliran air laut yang masuk ke kanal dan mengganggu proses pemompaan air menuju sistem pendingin.

Menurut Priyantoro dkk. (2012), penyebab terjadinya sedimentasi di area kanal *water intake* diduga akibat dari kesalahan perencanaan desain *jetty* yang meliputi panjang, lebar, dan sudut bangunan terhadap arah datang gelombang sehingga perlu dilakukan evaluasi dan modifikasi *jetty* untuk meminimalisir sedimentasi sehingga biaya perawatan/pengerukan bisa berkurang. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa perlu adanya modifikasi *layout jetty* untuk mengurangi laju sedimentasi di daerah kanal *water intake* akibat dari pengaruh arus dan gelombang (Atikasari, 2016). Kedua peneliti ini menyatakan bahwa perlu dilakukan perpanjangan *jetty* kondisi eksisting untuk meminimalisir jumlah *volume* sedimentasi yang masuk ke kanal *water intake*. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis beban gelombang yang bekerja pada dinding vertikal struktur tersebut (Putri, 2016).

Dalam perancangan *jetty* tidak bisa terlepas dari penggunaan tiang pancang sebagai pondasi yang digunakan untuk menyalurkan beban struktur bagian atas ke tanah penunjang pada kedalaman tertentu. Menurut Setepu (2014), perencanaan konfigurasi tiang pancang sangat berpengaruh terhadap kekuatan struktur dan biaya yang dibutuhkan untuk konstruksi. Dalam penelitiannya disebutkan bahwa semakin banyak tiang pancang miring yang digunakan maka semakin kecil defleksi lateral dan gaya lateral yang terjadi. Selain itu jenis tumpuan tiang pancang juga mempengaruhi besar kecilnya defleksi dan

momen. Nilai momen pada tumpuan *spring* lebih besar dari pada tumpuan *spring*, dimana nilai momen tumpuan jepit dua kali momen tumpuan *spring* (wahyuni, 2013).

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan membahas tentang analisa perilaku tiang pancang pada struktur perpanjangan kanal *water intake* PLTGU Grati dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SAP2000.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dapat diambil dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimanakah hasil perbandingan perilaku tiang pancang antara tipe tumpuan jepit dengan tipe tumpuan *spring* pada struktur perpanjangan *jetty* PLTGU Grati?
2. Apa tipe tumpuan tiang pancang yang cocok digunakan pada struktur perpanjangan *jetty* PLTGU Grati berdasarkan panjang tiang pancang?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah :

1. Menganalisa hasil perbandingan perilaku tiang pancang antara tipe jepit dengan tipe *spring* pada struktur perpanjangan *jetty* PLTGU Grati.
2. Mengetahui tipe tiang pancang yang cocok digunakan pada struktur perpanjangan *jetty* PLTGU Grati berdasarkan panjang tiang pancang.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini yaitu :

1. Untuk mengetahui efektifitas perilaku tiang pancang antara tipe jepit dengan tipe *spring* pada struktur perpanjangan *jetty* PLTGU Grati yang sesuai dengan desain yang ada sehingga dapat memberikan pilihan jenis tumpuan yang cocok untuk struktur perpanjangan tersebut.

2. Sebagai referensi, acuan atau bahan pertimbangan pengembangan penelitian selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Data Lingkungan yang digunakan merupakan data sekunder .
2. *Layout* dan desain *jetty* yang digunakan adalah hasil dari penelitian dari atikasari 2016.
3. Software yang digunakan adalah SAP2000.
4. Sistem pendinginan mesin pada *steam turbin* dan pemompaan air di kondensor tidak dibahas.
5. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) tidak dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Damerianne dkk (2013), menyebutkan bahwa terjadi sedimentasi yang berlebihan di PLTGU Grati sehingga terjadi penurunan debit yang berpengaruh terhadap sistem kerja *water intake*. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh volume sedimen yang mengendap dan kisaran dana yang dibutuhkan untuk proses perawatan. Perawatan yang dapat digunakan untuk menjaga stabilitas debit tersebut yaitu pengerukan. Adapun data lingkungan yang digunakan merupakan hasil dari survey lapangan (data primer). Dalam penelitian ini dibantu dengan program MS. Office Excel, Surfer 10, dan CCHE2D. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil perhitungan sedimen sebesar 43.714,20 m³ untuk dikeruk selama periode 6 bulan dengan kisaran dana yang dihabiskan Rp 2,8 miliar dengan laju sedimentasi di *water intake* sebesar 1.457,14 m³/bulan.

Sedangkan menurut (Priyantoro, 2012), rata-rata laju sedimentasi yang terjadi pada daerah kanal *water intake* PLTGU Grati dalam satu tahun adalah sebesar 29.275,53 m³. Akibat dari sedimentasi yang berlebihan di *water intake* tersebut maka perlu dilakukan perubahan *layout jetty* untuk mengurangi laju sedimentasi. Ada dua jenis modifikasi *jetty* yang akan diteliti untuk mengurangi laju sedimentasi yaitu modifikasi *jetty* I dan *jetty* II. Untuk *jetty* I sudut 45° dari arah timur laut, panjang *jetty* bagian kanan sampai 178 m dengan radius 150 m dan *jetty* bagian kiri mengikuti panjang dan sudut *jetty* bagian kanan. Modifikasi *jetty* II hampir sama dengan *jetty* I namun *jetty* bagian kanan diletakkan pada jarak 20 m dari gelombang pecah. Dari modifikasi kedua *jetty*, modifikasi *jetty* I merupakan modifikasi yang lebih efektif dibandingkan dengan modifikasi *jetty* II. Metode analisis sedimentasi dengan menggunakan bantuan software SMS (Surface Water Modelling System).

Penelitian lain yang juga meneliti tentang modifikasi *jetty* di PLTGU Grati adalah (Atikasari, 2016), dalam penelitiannya disebutkan bahawa ada tiga

jenis modifikasi *jetty* yang diteliti. Penelitian ini menggunakan MIKE 21 dan surfer 10 untuk mengetahui persebaran sedimentasi dan volume sedimentasi. Alternatif modifikasi *jetty* yang cocok untuk mengatasi sedimentasi adalah alternatif 1 yaitu dilakukan penambahan bangunan yang melengkung dengan panjang busur sekitar 161.26 m. Sedangkan pada bangunan sebelah barat diberikan penambahan bangunan dengan panjang busur sekitar 72.24 m dengan posisi yang agak melengkung ke barat. Adapun selisih volume sedimen sebesar 63787.1473 m³ terhadap volume sedimentasi *jetty* kondisi eksisting.

Dari modifikasi *layout* yang telah diteliti atikasari (2012) perlu dilakukan analisis beban gelombang yang mengenai *sheet pile* (struktur dinding vertikal). Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui seberapa besar gaya gelombang yang mengenai struktur dan mengetahui beban gelombang apa yang efektif untuk khusus di PLTGU Grati. Besar gaya gelombang yang mengenai struktur dihitung menggunakan teori gelombang minikin, goda, dari kedua teori tersebut kemudian dipilih beban gelombang efektif untuk struktur dinding vertikal yang ada di PLTGU Grati (Putri, 2016).

Setepu (2014), melakukan penelitian mengenai konfigurasi tiang pancang miring dan tiang pancang tegak dengan menggunakan tumpuan jepit. Dari penelitiannya dapat diketahui bahwa semakin banyak tiang miring yang digunakan maka semakin kecil nilai defleksinya, namun biaya yang dibutuhkan semakin besar. Oleh karena itu menurut setepu (2014) konfigurasi tiang pancang yang efektif adalah konfigurasi 1 yaitu adanya kombinasi antara tiang pancang miring dengan tiang pancang tegak. Nilai defleksi untuk konfigurasi I (gabungan tiang pancang miring dan tiang pancang tegak) $\delta X = -13,2804$ cm, $\delta Y = 6,675895$ cm; konfigurasi II (tiang pancang tegak) : $\delta X = 29,4179$ cm, $\delta Y = 15,11845$ cm; dan konfigurasi III (tiang pancang miring) : $\delta X = -2,11105$ cm, $\delta Y = 3,293682$ cm.

Wahyuni (2013), meneliti tentang alternatif perencanaan gedung 3 lantai pada tanah lunak dengan dan tanpa pondasi dalam. Dimana alternatif perencanaan pondasi tanpa pondasi dalam diasumsikan sebagai tumpuan pegas/*spring*,

kemudian dibandingkan dengan penggunaan pondasi dalam sebagai tumpuan jepit untuk mengatasi problematika tanah lunak. Dalam penelitiannya juga disebutkan adanya penambahan PVD (*prevebricated vertikal drain*) sebagai perbaikan tanah dasar. Pada perencanaan gedung 3 lantai ini, apabila tanah lunak sedalam 20 meter, maka dengan memasang PVD 10 meter sudah cukup untuk menghilangkan kerusakan akibat pemampatan jangka panjang (primer dan sekunder) apabila dibandingkan dengan penggunaan pondasi dalam dengan diameter 80 cm sedalam 28 meter. Selain itu nilai momen tumpuan jepit lebih besar dibandingkan momen dengan tumpuan *spring*, momen tumpuan jepit bernilai dua kali lipat dari tumpuan *spring*. Oleh karena itu dalam penelitian ini disimpulkan bahwa tumpuan *spring* dinilai lebih ekonomis dibandingkan dengan tumpuan jepit.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pasang Surut

Pasang surut air laut merupakan perubahan ketinggian muka air laut terhadap fungsi waktu yang disebabkan karena adanya pergerakan gaya tarik matahari, bulan, dan benda langit lain terhadap perputaran bumi, seperti yang dijelaskan Pratikto dkk. (1997). Karena jarak bulan lebih dekat dengan bumi, maka pengaruh gaya gravitasi bulan terhadap bumi lebih besar dibandingkan dengan pengaruh gravitasi matahari terhadap bumi. Ketika bulan bergerak mengitari bumi, kekuatan gravitasinya menarik air yang paling dekat dari posisinya. Menurut Triatmodjo (1999), gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari.

Elevasi muka air pada saat terjadi kejadian pasang surut sangat penting dalam perencanaan bangunan pelindung pantai. Selain elevasi muka air laut, pasang surut juga berpengaruh untuk menentukan besarnya transpor sedimen yang terjadi pada perencanaan bangunan pantai. Pada saat terjadi pasang, elevasi muka air laut berada pada posisi tertinggi sehingga volume air yang terjadi juga lebih besar. Karena volume air yang besar, maka gelombang yang dihasilkan juga lebih besar. Gelombang inilah yang akan mengangkut material sedimen menuju bangunan pantai, semakin besar gelombang yang terjadi maka semakin banyak pula angkutan sedimen yang terbawa menuju

bangunan pantai. Kondisi inilah yang akan mempengaruhi pola transpor sedimen yang terjadi di sekitar bangunan pantai.

Tipe pasang surut secara umum dibedakan menjadi empat, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*), pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*), dan pasang surut condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*). Pada dasarnya, bentuk pasang surut di berbagai daerah tidaklah sama. Berikut adalah penjelasan tipe-tipe pasang surut :

a) Pasang surut tunggal (*diurnal tide*)

Pasang surut ini terjadi satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

b) Pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*)

Pasang surut ini terjadi dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut ini terdapat di Selat Malaka sampai Laut Andaman.

c) Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Pasang surut yang dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

d) Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

Pada tipe pasang surut ini dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Karakteristik pasang surut juga dapat ditentukan dari nilai Formzahl :

$$F = \frac{A(O1)+A(K1)}{A(M2)+A(S2)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$$F < 0,25 \qquad \qquad = \text{semi diurnal}$$

- $0,25 < F < 1,50$ = campur dominan semi diurnal
 $1,5 < F < 3,00$ = campur dominan diurnal
 $F > 3,00$ = diurnal

Triatmodjo (1999) menjelaskan, apabila elevasi ketinggian muka air ketika terjadi pasang surut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, sehingga dapat digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan bangunan pantai. Beberapa elevasi ketinggian muka air ketika pasang surut antara lain:

- a) Muka air laut tinggi (*high water level* (HWL)), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b) Muka air rendah (*low water Level* (LWL)), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- c) Muka air tinggi rerata (*mean high water level* (MHWL)), adalah rerata dari muka air tinggi.
- d) Muka air rendah rerata (*mean low water level* (MLWL)), adalah rerata dari muka air rendah.
- e) Muka air laut rerata (*mean sea level* (MSL)), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi elevasi di daratan.
- f) Muka air tertinggi (*highest high water level* (HHWL)), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- g) Air rendah terendah (*lowest low water level* (LLWL)), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Beberapa definisi elevasi muka air tersebut banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Misalnya MHWL atau HHWL digunakan untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang, dermaga, dan sebagainya.

2.2.2. Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang (Analisis Frkuensi)

Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif seperti H_s , H_{10} , H_{maks} dan sebagainya. Berdasarkan dari representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal

dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Apabila data yang tersedia adalah data angin maka analisis frekuensi dilakukan terhadap data angin tersebut yang selanjutnya digunakan untuk memprediksi gelombang. Dalam hal ini gelombang hasil peramalan adalah gelombang signifikan (H_s).

Dalam hal ini, distribusi yang digunakan untuk prediksi gelombang dengan kala ulang tertentu, yaitu *Fisher-Tippett Type I*. Distribusi tersebut ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- $P(H_s \leq \hat{H}_s)$: probabilitas bahwa \hat{H}_s tidak dilampaui
- H : tinggi gelombang representatif
- \hat{H} : tinggi gelombang dengan nilai tertentu
- A : parameter skala
- B : parameter lokasi
- k : parameter bentuk (lihat Tabel 2.2)

Tabel 2.1. Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar (Triatmodjo, 1999)

Distribusi	α_1	α_1	k	c	ε
FT - 1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull (k = 0,75)	1,65	11,4	-0,63	0,0	1,15
Weibull (k = 1,0)	1,92	11,4	0,00	0,3	0,90
Weibull (k = 1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull (k = 2,0)	2,24	11,4	1,34	0,5	0,54

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang, sesuai dengan persamaan 2.3.

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_T+0,12} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan:

- $P(H_s \leq H_{sm})$: probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui
- H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

- m : nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1, 2, ..., N.
 N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan (bisa lebih besar dari gelombang representatif).

Parameter A dan B dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan analisis regresi linier dari Persamaan 2.4.

$$H_m = \hat{A} y_m + \hat{B} \dots\dots\dots(2.4)$$

di mana y_m diberikan oleh persamaan 2.5 dan perhitungan \hat{A} dan \hat{B} ditunjukkan pada persamaan 2.6 dan 2.7.

$$y_m = -\ln \{-\ln F(H_s \leq H_{sm})\} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\hat{B} = \overline{H_{sm}} - \hat{A} \overline{y_m} \dots\dots\dots(2.7)$$

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus yang ditunjukkan pada persamaan 2.8 di mana y_r diberikan oleh persamaan 2.9.

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + \hat{B} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{L T_r} \right) \right\} \dots\dots\dots(2.9)$$

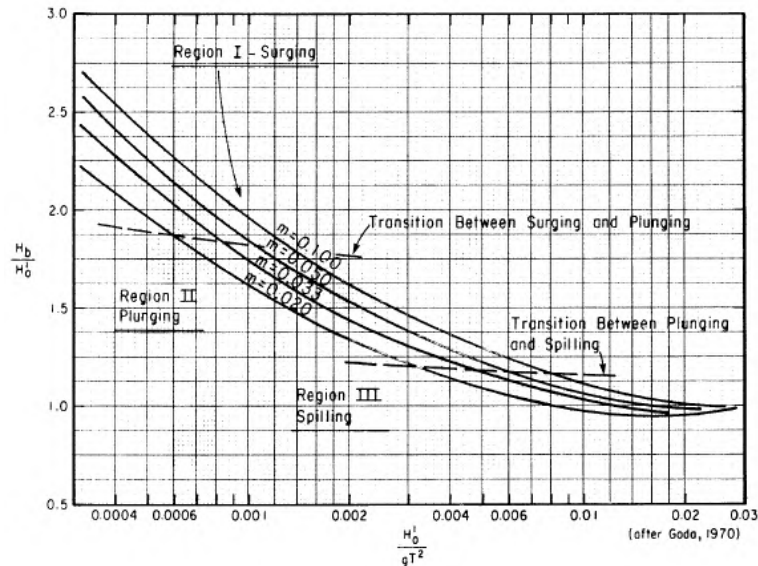
dengan,

- H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r
 T_r : periode ulang (tahun)
 K : panjang data (tahun)
 L : rerata jumlah kejadian per tahun = $\frac{N_T}{K}$

2.2.3. Gelombang Pecah

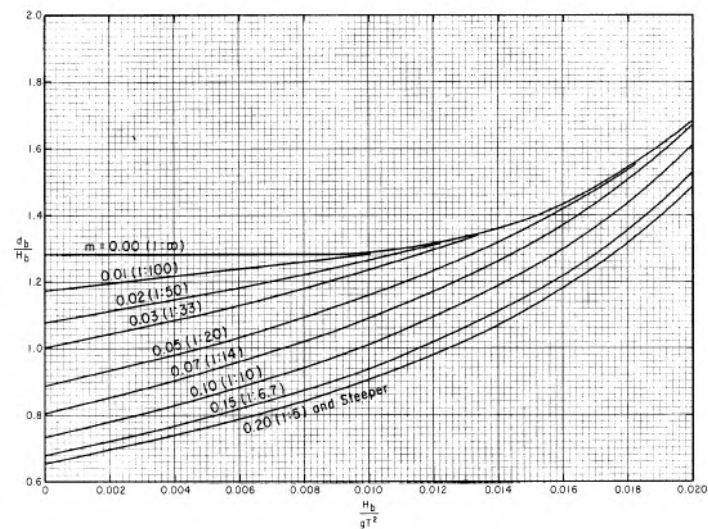
Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk dengan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada suatu kedalaman tertentu. Kedalaman pada titik tersebut disebut dengan kedalaman gelombang pecah (d_b). Goda (1970) dalam penelitiannya akhirnya membuat hubungan antara H_b/H_o dan H_o/L_o untuk setiap kemiringan dasar laut (m) yang berbeda. Hubungan tersebut direpresentasikan

oleh Gambar 2.1. Setelah itu, hubungan empiris antara d_b/H_b dan H_b/gT^2 diperkenalkan oleh Weggel (1972) untuk setiap kemiringan dasar laut (m) yang berbeda dengan Gambar 2.2.



Gambar 2.1. Kurva Tinggi Gelombang Pecah Terhadap *Wave Steepness* Laut Dalam.

(Sumber: Goda, 1970)



Gambar 2.2. Dimensi Kedalaman Gelombang Pecah dengan Variasi *Steepness*.

(Sumber: Weggel, 1972)

Keterangan :

d_b : kedalaman gelombang pecah

H_0 : tinggi gelombang laut dalam sebelum mengalami refraksi

- H_o : tinggi gelombang laut dalam
 L_o : gT^2 panjang gelombang laut dalam
 m : kemiringan dasar laut (*slope*)

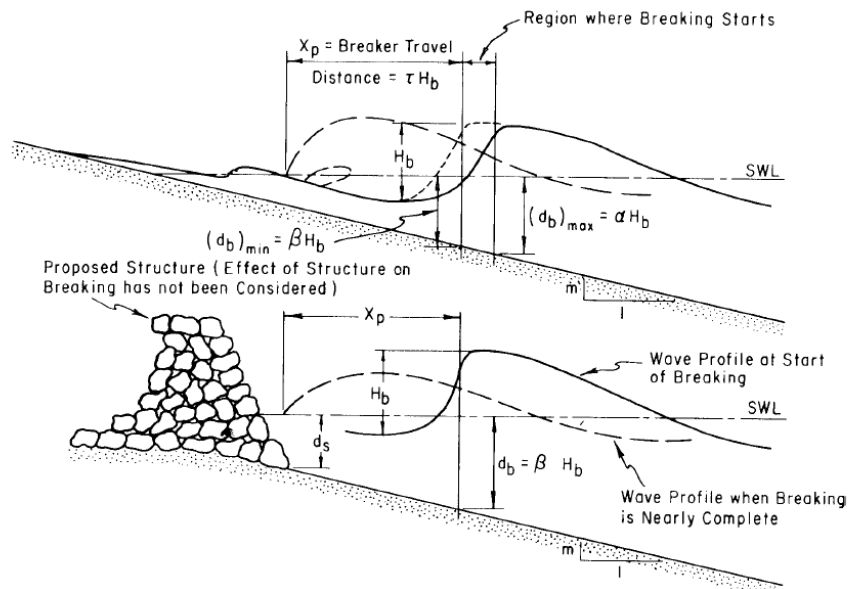
Dari grafik Weggel (1972), penentuan kedalaman gelombang pecah d_b dapat dirumuskan dalam persamaan 2.10.

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)} \dots \dots \dots (2.10)$$

di mana,

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \dots \dots \dots (2.12)$$



Gambar 2.3. Geometri Gelombang Pecah.

(Sumber: SPM, 1984)

Proses gelombang pecah, yaitu sejak gelombang mulai tidak stabil sampai pecah sepenuhnya terbentang pada suatu jarak X_p . Galvin (1969, dalam CERC, 1984) memberikan hubungan antara jarak yang ditempuh selama proses gelombang pecah (X_p) dan tinggi gelombang saat mulai pecah (H_b), yang bergantung pada kemiringan dasar pantai.

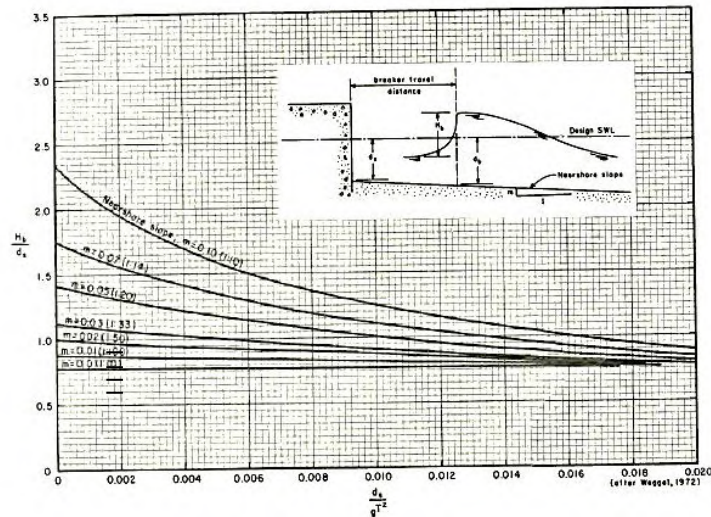
$$x_p = (4,0 - 9,25m)H_b \dots \dots \dots (2.13)$$

Untuk menghitung tinggi gelombang pecah bisa juga menggunakan persamaan 2.14 dengan memperhatikan nilai d_s . Dimana nilai d_s diperoleh dari kurva hubungan antara d_s/gT^2 dan H_b/d_s (Gambar 2.4)

$$H_D = Hb = \frac{d_b - d_s}{(4.0 - 9.25m)m} \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana :

- H_D (Hb) : tinggi gelombang pecah
- d_b : kedalaman gelombang pecah
- d_s : kedalaman air di kaki bangunan
- m : kemiringan kontur laut rata-rata



Gambar 2.4. Kurva Hubungan Antara d_s/gT^2 dan H_b/d_s
(Sumber: SPM, 1984)

2.2.4. Tanah Sebagai Bahan Pondasi

Dalam struktur pondasi karakteristik tanah selalu mempunyai peranan yang sangat penting pada suatu lokasi pekerjaan kontruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari sebuah bangunan. Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat di atas tanah maka harus dibuat pondasi yang dapat memikul beban bangunan dan gaya yang bekerja pada bangunan tersebut. Jika tanahnya cukup keras dan mampu untuk memikul suatu beban, maka pondasi dapat langsung dibangun pada tanah tersebut. Namun bila tanah itu dikhawatirkan akan turun akibat gaya yang bekerja maka diperlukan suatu kosntruksi tambahan seperti tiang pancang untuk meneruskan gaya tersebut ke lapisan tanah yang mampu memikul gaya tersebut sepenuhnya. Masalah teknik seperti itu harus dipertimbangkan untuk menentukan kemampuan daya dukung tanahnya.

Klasifikasi tanah perlu diberikan untuk mengetahui sifat-sifat yang akan dihadapi dalam perencanaan dan pelaksanaan. Untuk menentukan dan mengklasifikasi tanah, diperlukan suatu pengamatan di lapangan. Akan tetapi jika sangat mengandalkan pengamatan di lapangan, maka kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan pengamatan perorangan, akan menjadi sangat besar. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang sangat objektif maka dianjurkan untuk melakukan analisa mekanis. Secara umum tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar dan berbutir halus tergantung pada ukuran partikel paling dominan yang dimilikinya. Tanah pada umumnya terdiri dari lebih satu macam ukuran partikel. Ukuran partikel tanah bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0.001 mm. Berdasarkan sifat dan ukuran tersebut tanah diklasifikasikan sebagai berikut:

- Batu bongkah yang merupakan potongan-potongan besar batuan yang terpatahkan dari bahan induk atau dari keluar dari gunung berapi. Batu bongkah bervolume dalam rentang mulai sekitar 0.5 m^3 sampai 8 atau 10 m^3 .
- Kerikil atau pecahan batuan yang lebih kecil dari batu bongkah di golongan kedalam batu-bulat (*cobles*), kerakal (*pebbles*), kerikil (*gravel*), pasir, lanau (*silt*) dan koloida dalam urutan ukurannya. Batu remukan (*crushed*) ialah kerikil yang dihasilkan dengan menghancurkan pecahan batu-bongkah atau diperoleh dari penggalian.
- Tanah Lempung merupakan tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis yang berukuran lebih kecil dari 0.002 mm, yang bersal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Butiran dengan ukuran tersebut dikenal juga dengan butiran lempung.

Sifat dan ukuran tanah juga dapat dilihat berdasarkan data sondir yang umum digunakan dalam penyelidikan kondisi bawah tanah. Kita dapat menentukan beberapa batasan dari parameter-parameter tanah yang diperlukan dalam penentuan daya dukung pondasi itu sendiri. Data nilai tekanan konus (q_c) dan hambatan pelekat (f_s) yang didapatkan dari hasil pengujian sondir dapat

digunakan untuk menentukan jenis tanah seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir (Braja M. Das, 1985)

Hasil Sondir		Klasifikasi
Qc	Fs	
6,0	0,15 – 0,4	Humus, lempung sangat lunak
6,0 – 10,0	0,2	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,2 – 0,6	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0 – 30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,1 – 0,4	Pasir lepas
	0,4 – 0,8	Lempung atau lempung kelanauan
	0,8 – 2,0	Lempung agak kenyal
30 – 60	1,5	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0 – 3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60 – 150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0 – 3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekerikilan kenyal
150 – 300	1,0	Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar pasir, pasir kelanauan sangat padat

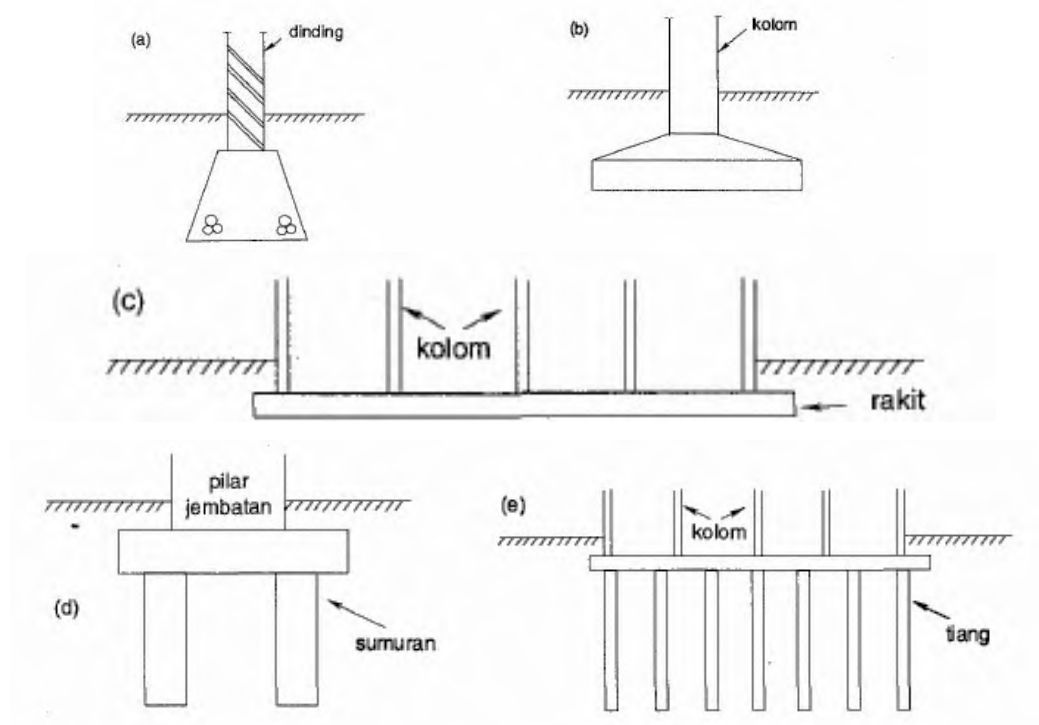
2.2.5. Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang paling dasar yang berfungsi untuk menanggung beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) dan meneruskannya ke tanah. Pondasi harus mampu menjaga kestabilannya terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja dan gaya luar yang mempengaruhinya. Serta harus diletakkan pada lapisan tanah yang mempunyai daya dukung yang tinggi agar terhindar dari penurunan tanah yang berlebihan.

Secara umum pondasi terbagi menjadi 2 macam menurut kedalamannya yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal adalah pondasi yang menanggung bebannya secara langsung dan meneruskannya ke tanah. Kedalaman pondasi ini sangat dangkal dengan perbandingan kedalaman dan lebar pondasi kurang dari 1 ($L/B < 1$, di mana L adalah nilai kedalaman pondasi dan B adalah lebar pondasi). Biasanya digunakan saat beban yang diterima tidak terlalu besar. Misalnya untuk rumah sederhana satu lantai, dua lantai, pos satpam, dan lain sebagainya. Pondasi dangkal terdiri dari beberapa tipe seperti pondasi pasangan batu kali menerus, pondasi telapak (*footplate*), pondasi telapak menerus, pondasi umpak, dan pondasi rakit (Gambar 2.5).

Pondasi dalam adalah pondasi yang menanggung beban dan meneruskannya ke tanah, tanah keras, atau batuan yang letaknya relatif cukup dalam jika diukur dari permukaan tanah. Contoh dari pondasi ini adalah pondasi tiang (Gambar 2.5e) yang terbagi menjadi tiang pancang, tiang franki, dan tiang bor. Nilai perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi pada pondasi dalam umumnya adalah lebih besar dari 4 ($L/B \geq 4$). Biasanya digunakan untuk bangunan besar, jembatan, dermaga, *jetty*, struktur lepas pantai, dan lain sebagainya.

Salah satu jenis pondasi dalam yaitu pondasi tiang. Dalam penggunaannya, pondasi tiang umumnya terdiri atas tiang tunggal (*single pile*) dan kelompok tiang (*group piles*). Pemilihan penggunaan tiang tunggal dan kelompok tiang serta perencanaannya relatif terhadap besar beban yang akan diterima, luas area pembebanan dan parameter tanah yang dibebani. Kapasitas pembebanan kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas pembebanan dari masing-masing tiang tunggal yang ada dalam kelompok tiang tersebut.



Gambar 2.5. Macam-macam tipe pondasi. (a) pondasi memanjang; (b) pondasi telapak; (c) pondasi rakit; (d) pondasi sumuran; (e) pondasi tiang.

(Sumber Hardiyatmo, 1996)

2.2.6. Tiang Pancang

Tiang pancang adalah salah satu jenis dari pondasi. Merupakan bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer/menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Dimana tanah tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk menahan beban yang diterimanya, atau dapat dikatakan bahwa letak daya dukung dari tanah pendukung sangat dalam.

Informasi yang dibutuhkan dalam mendesain pondasi tiang pancang diantaranya adalah :

1. Data tanah, dimana bangunan akan didirikan.
2. Daya dukung tiang pancang itu sendiri, baik *single* atau *group pile*.
3. Analisa *negative skin friction*, karena mengakibatkan beban tambahan.

Gaya geser negatif (*negative skin friction*) adalah suatu gaya yang bekerja pada sisi tiang pancang dan bekerja ke arah bawah, sehingga memberikan beban secara vertikal selain beban luar yang bekerja. Sedangkan gaya dukung pada tiang yang memberikan perlawanan beban vertikal disebut *positive skin friction*. Dimana gaya-gaya tersebut berada pada sisi tiang, dengan arah kerja yang berlawanan dari gaya luar dan *negative skin friction*.

Pondasi tiang pancang hendaknya direncanakan sedemikian rupa sehingga gaya luar yang bekerja pada kepala tiang tidak melebihi daya dukung tiang yang diizinkan. Karena daya dukung tiang yang diizinkan merupakan aspek penting dalam penentuan tiang pancang, jika jumlah gaya-gaya akibat dari beban luar lebih besar dari daya dukung yang diizinkan, maka akan terjadi penurunan tanah disekitar tiang pancang.

2.2.7. Penggolongan Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang dapat digolongkan berdasarkan cara pemindahan beban tiang pancang dan menurut bahan yang digunakan. Berikut akan dijelaskan satu per satu.

❖ Menurut Cara Pemindahan Beban Tiang Pancang

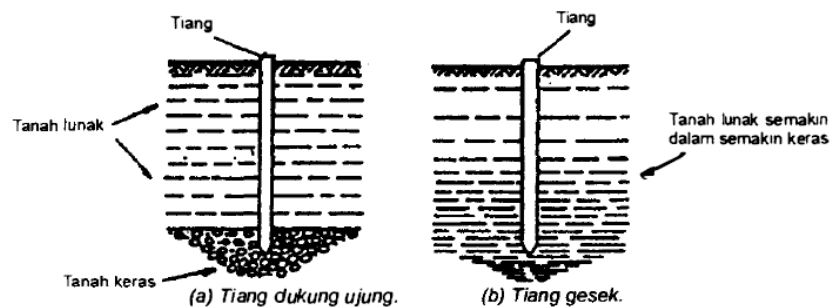
Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang dibagi menjadi dua :

- a. Tiang Pancang dengan Tahanan Ujung (*End Bearing Pile*)

Tiang dukung ujung adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung (Gambar 2.6). Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada di bawah ujung tiang.

b. Tiang Pancang dengan Tahanan Gesekan (*Friction Pile*)

Tiang gesek adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya (Gambar 2.6). *Friction Pile* pada tanah dengan butir-butir tanah kasar (*coarse grained*) sangat mudah ditembus air (*very permeable soil*). Tiang ini meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit (*skin friction*). Tiang ini disebut *compaction pile* karena telah memadatkan tanah diantara tiang-tiang tersebut. Sedangkan *friction pile* pada tanah dengan butir-butir yang sangat halus (*very fine grained*) sukar ditembus air. Tiang ini juga meneruskan beban ke tanah melalui kulit, namun tiang ini disebut *floating pile foundation* karena tidak menyebabkan tanah diantara tiang menjadi compact.



Gambar 2.6. Tiang Pancang ditinjau dari cara mendukung bebannya. (a) Tiang dukung ujung; (b) Tiang gesek.

(Sumber : Hardiyatmo, 1996)

❖ **Menurut Bahan yang Digunakan**

Pondasi tiang pancang dapat dibagi kedalam beberapa kategori (Bowles, 1993), antara lain :

- a. Tiang Pancang Kayu
- b. Tiang Pancang Beton

Tiang pancang beton dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) macam, yaitu :

1. Tiang Beton Pracetak (*Precast Reinforced Concrete Pile*)
 2. Tiang Pancang yang Dicor Langsung di Tempat (*Cast In Place*)
- c. Tiang Bor (*Bored Pile*)
 - d. Tiang Pancang Baja
 - e. Tiang Pancang Komposit (*Composite Pile*)

Macam – macam tiang pancang komposit adalah :

- *Water proofed steel pipe and wood pile.*
- *Composite dropped in shell and wood pile.*
- *Composite ungased concrete and wood pile.*
- *Composite dropped in shell and pipe pile Franky composite pile.*
- Tiang – tiang pancang beton istimewa (khusus).

2.2.8. Pembebanan

Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari jenis strukturnya. Berikut ini akan disajikan data beban serta faktor-faktor dan kombinasi pembebanan sebagai acuan perhitungan struktur

a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati merupakan beban yang bekerja akibat gravitasi yang bekerja tetap pada posisinya secara terus menerus dengan arah ke bumi tempat struktur didirikan. Yang termasuk beban mati adalah berat struktur itu sendiri dan juga semua benda yang tetap posisinya selama struktur berdiri.

b. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu konstruksi dan barang-barang yang dapat berpindah, mesin dan peralatan lain yang dapat digantikan selama masa pakai.

c. Beban Lingkungan

- Beban Gelombang

Gelombang yang menghantam suatu struktur akan memberikan tekanan pada struktur tersebut. Beban gelombang ialah beban yang ditimbulkan oleh gelombang . Adapun metode yang digunakan dalam

perhitungan beban gelombang dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah metode Goda yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$P_1 = 0,5(1 + \cos \beta)(\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2 \beta) \rho g H_D \dots\dots\dots (2.15)$$

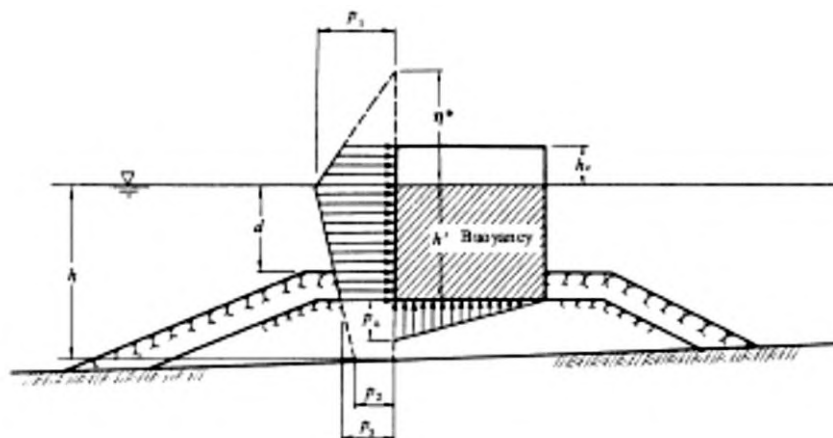
$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi h/L)} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$P_3 = \alpha_3 P_1 \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana :

- P_1 : tekanan maksimum yang terjadi pada elevasi muka air rencana (kN/m^2)
- P_2 : tekanan yang terjadi pada tanah dasar (kN/m^2)
- P_3 : tekanan yang terjadi pada dasar dinding vertikal (kN/m^2)
- β : sudut pendekatan gelombang ($^\circ$)
- λ_1, λ_2 : faktor modifikasi tekanan gelombang ($\lambda_1, \lambda_2 = 1$)
- ρ : masa jenis air laut (ton/m^3)
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- h : kedalaman di depan dinding tegak (m)
- L : panjang gelombang pada kedalaman h (m)
- H_D : tinggi gelombang rencana Goda (m)

Rumus diatas dapat digunakan untuk berbagai kondisi gelombang. Gambar 2.7 dibawah ini adalah distribusi tekanan gelombang yang diberikan oleh Goda, yang berbentuk trapesium.



Gambar 2.7. Distribusi tekanan gelombang.

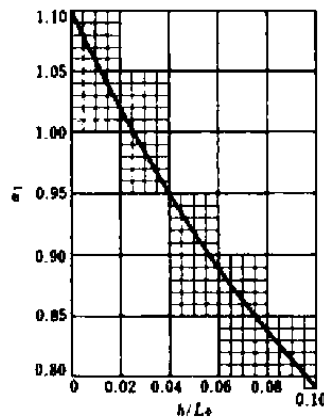
(Sumber: Y. Goda, 1999)

Sebelum menghitung tekanan gelombang, parameter yang harus dihitung terlebih dahulu adalah $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$.

Persamaan yang digunakan untuk memperoleh α_1 yaitu :

$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right\}^2 \dots\dots\dots (2.18)$$

Nilai α_1 dapat ditentukan dari grafik dibawah ini (gambar 2.8), dengan cara mencari nilai $\frac{h}{L_0}$ terlebih dahulu.



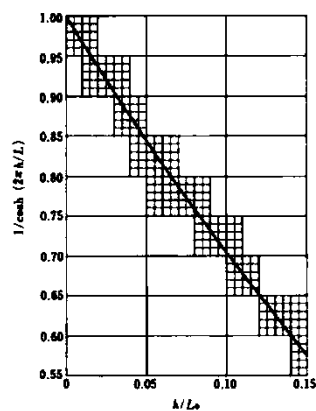
Gambar 2.8. Grafik penentuan nilai α_1

(Sumber: Y. Goda, 1999)

Untuk nilai α_2 diperoleh dari persamaan berikut ini :

$$\alpha_2 = \min \left\{ \left(\frac{h_b - d}{3h_b} \right) \left(\frac{H_D}{d} \right)^2 ; \frac{2d}{H_D} \right\} \dots\dots\dots (2.19)$$

Sebelum menghitung α_3 terlebih dahulu harus menentukan nilai $\frac{1}{\cosh(2\pi h/L)}$, nilai tersebut dapat diperoleh dari grafik dibawah ini.



Gambar 2.9. Grafik penentuan nilai $\frac{1}{\cosh(2\pi h/L)}$

(Sumber: Y. Goda, 1999)

Serta nilai α_3 diperoleh dari grafik berikut ini :

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right\} \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana :

- h_b : kedalaman air dilokasi yang berjarak 5Hs ke arah laut(m)
- d : kedalaman puncak ke dasar laut (m)
- h' : kedalaman dasar laut (m)

- **Beban Arus**

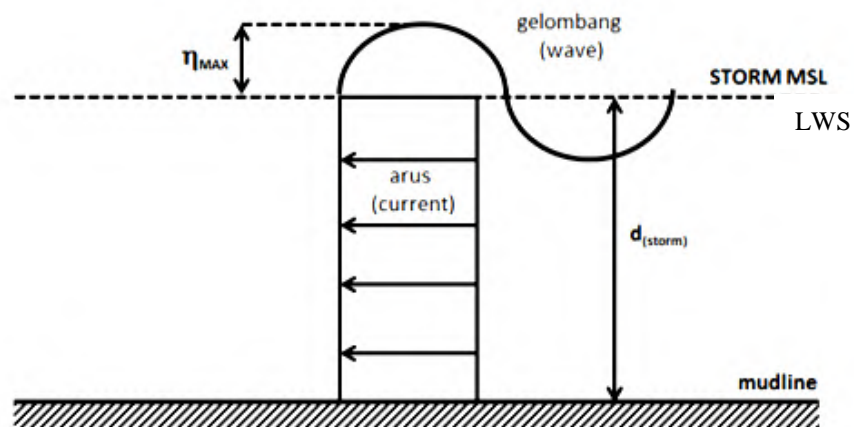
Arah arus terjadi pada arah yang sama dengan arah gelombang. Apabila kecepatan arus diasumsikan konstan maka beban arus pada tiang yang dipengaruhi oleh gaya *drag* pada tiang pancang diperhitungkan berdasarkan persamaan berikut :

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A U^2 \dots\dots\dots (2.21)$$

dengan :

- C_D = koefisien *drag*
- ρ = massa jenis (kN/m^3)
- A = Luas penampang (m^2)
- U = kecepatan arus (m/s^2)

Adapun distribusi arus dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.10. Distribusi arus.

(sumber : www.google.com)

- **Beban Hidrostatik**

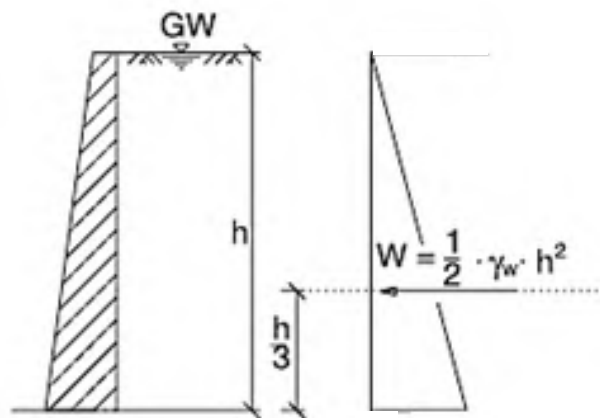
Beban Hidrostatik merupakan tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada air laut terhadap luas bidang tekan pada kedalaman tertentu. Besarnya tekanan ini tergantung pada ketinggian gelombang air laut, massa jenis air laut dan kedaaman stuktur. Perhitungan tekanan Hidrostatik dapat dihitung menggunakan persamaaan dibawah ini :

$$W = \frac{1}{2} \gamma_{sw} h^2 \dots\dots\dots (2.22)$$

dimana :

- W : tekanan hidostatik (kN/m)
- γ_{sw} : masa jenis air laut (kN/m³)
- h : kedalaman muka air (m)

Gambar distribusi beban hidrostatik adalah sebagai berikut :

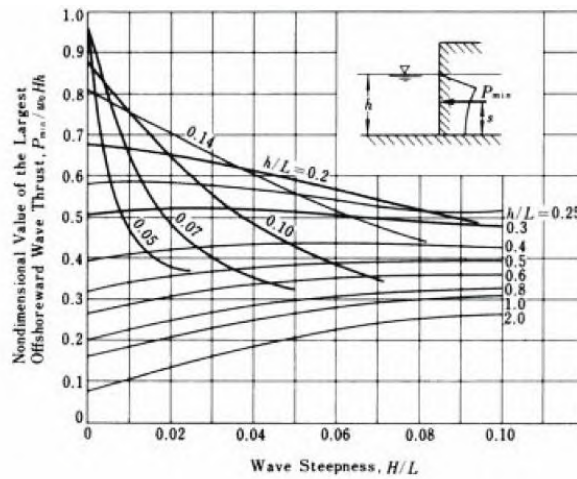


Gambar 2.11. Distribusi tekanan Hidrostatik

(Sumber : Sheet Piling Handbook Design, 2008)

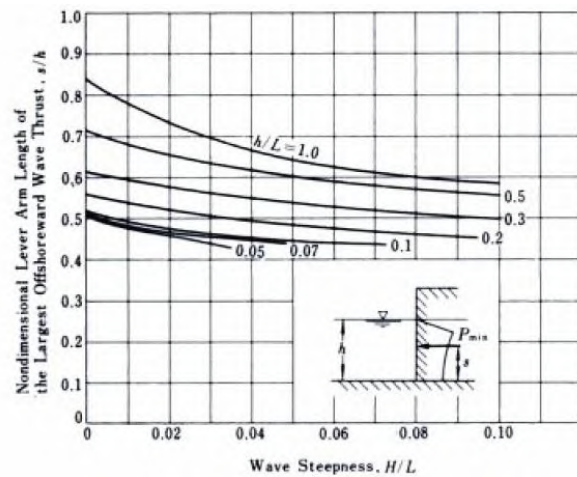
- **Beban *Wave Trough***

Beban *wave trough* merupan beban yang dipengaruhi oleh naik turunnya gelombang. Beban *wave trough* sering disebut sebagai beban lembah gelombang. Beban *wave trough* dapat diperoleh dari grafik-grafik dibawah ini :



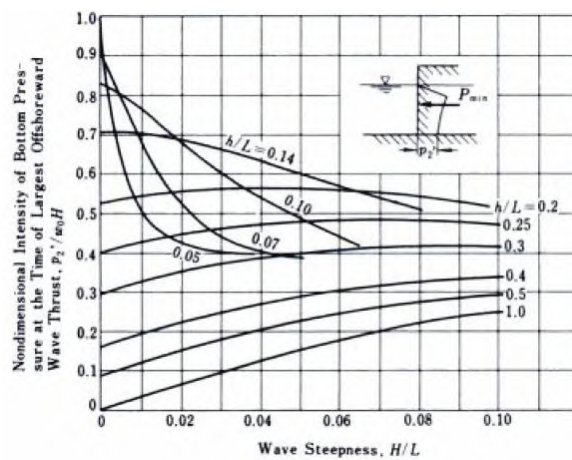
Gambar 2.12. Perhitungan nilai P_{min}/H

(Sumber : Y. Goda, 1999)



Gambar 2.13. Perhitungan nilai s/h

(Sumber : Y. Goda, 1999)



Gambar 2.14. Perhitungan nilai P_2/h

(Sumber : Y. Goda, 1999)

2.2.9. Kapasitas Daya Dukung Aksial

Kapasitas daya dukung aksial statik dapat dihitung dengan persamaan-persamaan kimatapasitas daya dukung statik dari Meyerhof, Terzaghi, Tomlinson, *American Petroleum Institute* (API RP 2A) 2000, *based on* N-SPT dan lain-lain. Dalam tugas akhir ini, pembahasan daya dukung aksial statik dibatasi menggunakan metode yang dianjurkan Mayerhof.

Kapasitas daya dukung dibedakan atas daya dukung ujung dan daya dukung geser. Adapun persamaan daya dukung aksial ultimate yaitu:

$$Q_{ult} = Q_s + Q_p \dots\dots\dots (2.23)$$

Dari kapasitas daya dukung aksial *ultimate* maka kita bisa mendapatkan kapasitas daya dukung aksial izin sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana:

- Q_{ult} = Kapasitas daya dukung maksimum atau *ultimate*.
- Q_p = Kapasitas daya dukung ujung (*end bearing*) yang didapat dari tanah dibawah ujung pondasi tiang.
- Q_s = Kapasitas daya dukung gesek (*skin friction*) yang didapat dari gaya geser atau gaya adhesi antara tiang dengan tanah.
- Q_{all} = Kapasitas daya dukung izin tiang pancang.
- SF = Faktor keamanan (*safety factor*) yang digunakan.

2.2.9.1 Daya Dukung Aksial Aksial Tiang Tunggal Metode Mayerhof

Dalam perhitungan daya dukung tanah maka dibedakan perhitungan daya dukung aksial dan daya dukung lateral. Perhitungan pada tugas akhir ini adalah dengan perhitungan daya dukung menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT). *Standard Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* kedalam tanah.

Sebelum kita melakukan peritungan daya dukung ijin tanah maka sebelumnya kita perhitungkan nilai koreksi dari data pengukuran SPT. Menurut ASTM D-4633 setiap alat uji SPT yang digunakan harus

dikalibrasi tingkat efisiensi tenaganya dengan menggunakan alat ukur *strain gauges* dan *aselerometer*, untuk memperoleh standar efisiensi tenaga yang lebih teliti. Di dalam praktek, efisiensi tenaga sistem balok derek dengan palu donat (*donut hammer*) dan palu pengaman (*safety hammer*) berkisar antara 35% sampai 85%, sementara efisiensi tenaga palu otomatis (*automatic hammer*) berkisar antara 80% sampai 100%. Jika efisiensi yang diukur (E_f) diperoleh dari kalibrasi alat, nilai N terukur harus dikoreksi terhadap efisiensi sebesar 60%. Koefisien untuk koreksi nilai SPT ditunjukkan pada table di bawah ini.

Tabel 2.3. Koefisien Koreksi SPT (SNI-4153-2008)

Faktor	Jenis Alat	Parameter	Koreksi
Tegangan vertikal efektif		C_N	$2,2 / (1,2 + (\sigma'_{vo}/Pa))$
Tegangan vertikal efektif		C_N	$C_N \leq 1,7$
Rasio tenaga	Palu donat (<i>Donut hammer</i>)	C_E	0,5 s.d 1,0
Rasio tenaga	Palu pengaman (<i>Safety hammer</i>)	C_E	0,7 s.d 1,2
Rasio tenaga	Palu otomatis (<i>Automatic-trip Donut-type hammer</i>)	C_E	0,8 s.d 1,3
Diameter bor	65 s.d 115 mm	C_B	1,0
Diameter bor	150 mm	C_B	1,05
Diameter bor	200 mm	C_B	1,15
Panjang batang	< 3 m	C_R	0,75
Panjang batang	3 s.d 4 m	C_R	0,8
Panjang batang	4 s.d 6 m	C_R	0,85
Panjang batang	6 s.d 10 m	C_R	0,95
Panjang batang	10 s.d 30 m	C_R	1,0
Pengambilan contoh	tabung standar	C_S	1,0
Pengambilan contoh	tabung dengan pelapis (<i>liner</i>)	C_S	1,1 s.d 1,3

Untuk mencari nilai N yang terkoreksi atau N_{60} maka terlebih dahulu dilihat tegangan vertikal efektif dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_n = 2,2 / (1,2 + (\sigma_{\text{overburden}}/Pa)) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$N_{60} = N_M \times C_n \times C_e \times C_b \times C_r \times C_s \dots\dots\dots (2.26)$$

Menurut Mayerhof (1976) pada tanah berpasir (non kohesif) kapasitas titik akhir atau ujung dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_p = 4 \cdot N\text{-SPT} \cdot A_p \cdot P_{atm} \dots\dots\dots (2.27)$$

Untuk tahanan geser selimut tiang pada tanah berpasir (non kohesif) adalah:

$$Q_s = 2 \text{ N-SPT} \cdot p \cdot L \dots\dots\dots (2.28)$$

Kekuatan ujung tiang (end bearing) untuk tanah kohesif plastis :

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p \dots\dots\dots (2.29)$$

Untuk tahanan geser selimut tiang untuk tanah kohesif plastis adalah:

$$Q_s = a \cdot c_u \cdot p \cdot L_i \dots\dots\dots (2.30)$$

$$C_u = \text{N-SPT} \cdot 2/3 \dots\dots\dots (2.31)$$

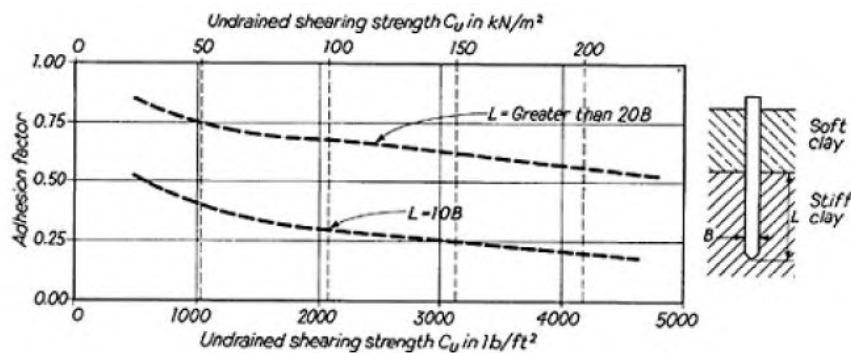
Dimana :

a : Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

C_u : Kohesi Undrained

p : Keliling tiang

L_i : Panjang lapisan tanah



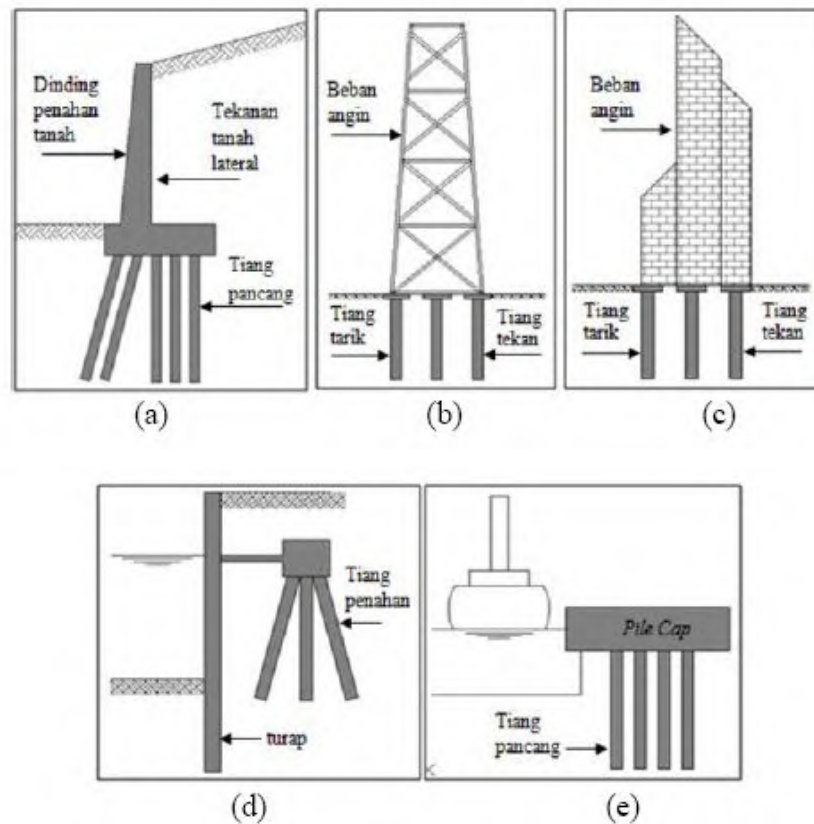
Gambar 2.15. Koefisien Adhesi Antara Tiang dan Tanah.

(Sumber : M.J Tomlinson,1994)

2.2.10. Kapasitas Daya Dukung Lateral Tiang Pancang

Pondasi tiang harus dirancang dengan memperhitungkan beban aksial dan beban lateral. Pondasi tiang dapat menahan beban lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah, dimana beban lateral berasal dari tekanan tanah lateral yang mendorongnya (Gambar 2.16 a). Pondasi tiang juga dapat menahan beban lateral seperti beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tingkat tinggi seperti struktur rangka baja atau gedung pencakar langit (Gambar 2.16 b dan 2.16 c) sehingga pondasi tiang mengalami gaya tarik dan gaya tekan. Pada Gambar (2.16 d) dapat dilihat bahwa pondasi tiang dapat menahan dinding turap yang menyangga pada pondasi tiang. Dan juga menanggung

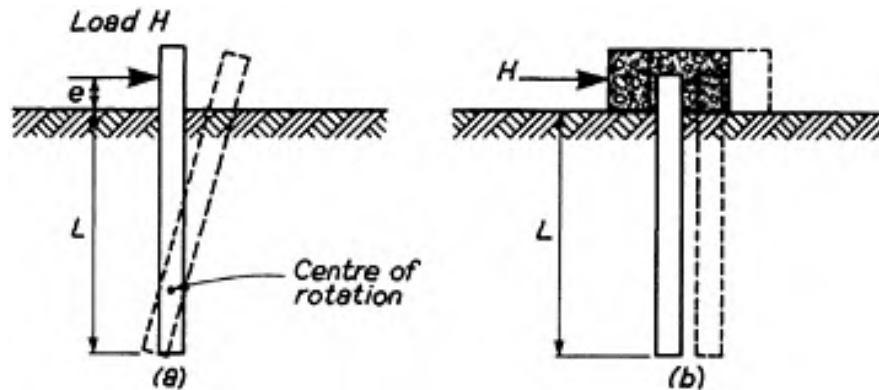
beban lateral yang disebabkan gaya eksternal seperti hempasan gelombang air laut, angin, dan benturan kapal pada konstruksi lepas pantai (Gambar 2.16 e).



Gambar 2.16. Aplikasi Pondasi Tiang dalam Menahan Beban Lateral.

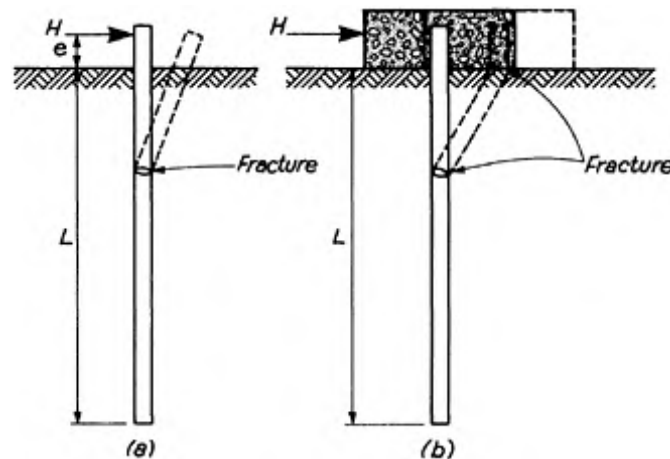
(Sumber : Hardiyatmo, 1996)

Tiang pancang vertikal yang menggunakan beban lateral akan menahan beban yang mengelilinginya. Pendistribusian tegangan tegangan tanah pasif akibat beban lateral akan mempengaruhi kekakuan tiang, kekakuan tanah, dan kondisi ujung tiang. Secara umum tiang yang menerima beban lateral dapat dibagi dalam dua bagian besar, yaitu tiang pendek (*rigid pile*) dan tiang panjang (*elastic pile*). Berdasarkan kondisi ujung atas maka dikenal istilah *free head* dan *fixed head*. Jika kepala tiang tidak dapat bertranslasi dan berotasi akibat beban geser dan/atau momen maka tiang tersebut dikatakan berkepala bebas (*free head*) sedangkan jika kepala tiang hanya bertranslasi maka disebut dengan kepala jepit (*fixed head*).



Gambar 2.17. Tiang Pendek Dikenai Beban Lateral. (a) *Free Head*; (b) *Fixed Head*.

(Sumber : M.J Tomlinson,1994)



Gambar 2.18. Tiang Panjang Dikenai Beban Lateral. (a) *Free Head*; (b) *Fixed Head*.

(Sumber : M.J Tomlinson,1994)

Langkah pertama untuk memperkirakan kapasitas tiang tunggal adalah menentukan perilaku tiang tersebut, apakah perilakunya sebagai tiang pendek ataukah sebagai tiang panjang yang fleksibel. Hal ini dilakukan dengan menentukan faktor kekakuan R dan T . Faktor kekakuan ini bergantung pada kekakuan tiang (EI) dan kompresibilitas tanah. Faktor kekakuan ini nantinya akan dinyatakan dalam istilah *soil modulus* (K), yang tidak tetap tetapi bergantung pada lebar tiang dan kedalamannya. *Soil modulus* (K) ini dapat dihubungkan dengan modulus horizontal *subgrade reaction* dari konsep Terzaghi. Untuk tanah keras lempung OC, nilai dari modulus tanah biasanya diasumsikan konstan terhadap kedalaman.

$$\text{Faktor kekakuan } R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$K = k_1/1.5$$

B = lebar tiang

k_1 = *subgrade modulus* yang ditentukan dari pengukuran uji beban lapangan, penurunan dengan pelat bujur sangkar 30 x 30 cm

$$k_1 = \frac{\text{beban struktur [N/m}^2\text{]}}{\text{lendutan horizontal [m]}}$$

Tabel 2.4 Hubungan *Modulus Of Subgrade Reaction* (k_1) Dengan Nilai C_u Tanah Lempung OC yang Keras (Terzaghi, 1955)

Parameter	Stiff	Very Stiff	Hard
Undrained Cohesion (C_u)	100-200	200-4000	>400
Kisaran nilai k_s (MN/m ³)	18-36	36-72	>72
Recommended k_s (MN/m ³)	27	54	>108

Untuk tanah lempung NC dan untuk tanah butiran (pasir) maka modulus tanah dianggap meningkat secara linear terhadap kedalaman, maka :

$$\text{Faktor kekakuan } T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$\text{Dimana modulus tanah adalah } K = \frac{\eta_h \cdot X}{D}$$

Nilai koefisien modulus variasi η_h diperoleh secara langsung dari loading test pada tiang tanah yang terendam air di Mustang Island, Texas (Reese):

Tabel 2.4 Faktor untuk Menghitung Nilai dari Koefisien Modulus Variasi (η_h) untuk Tanah Tak Non-Kohesif Dalam [MN/m³] (Tomlinson, 1994)

Relative density	Loose	Medium	Dense
η_h for dry or moist soil [Terzaghi]	2.5	7.5	20
η_h for submerged soil/ jenuh	1.4	5	12
η_h for submerged soil [Reese]	5.3	16.3	34

Nilai lain η_h yang diamati adalah seperti berikut ini :

Lempung NC lunak : 350 to 700 kN/m³

Lanau organic silts : 150 kN/m³

Setelah perhitungan faktor kekakuan R dan T, kriteria penentuan kekakuan tiang sebagai tiang panjang atau tiang pendek berkaitan dengan kedalaman penetrasi tiang sebagai berikut ini :

Tabel 2.5 Kriteria Penentuan Kekakuan Tiang Sebagai Tiang Panjang atau Tiang Pendek (Tomlinson, 1994)

Pile Type	Soil Modulus (Faktor Kekakuan)	
	Linearly Increasing (NC)	Constant
Pendek / Rigid (<i>free head</i>)	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Panjang / Elastic (<i>free head</i>)	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5R$

2.2.11. Pemodelan Interaksi Tanah dengan Struktur

2.2.11.1. Pemodelan Jepit pada Perletakan Struktur

Sistem perletakan bangunan pada umumnya dimodelkan sebagai struktur dengan tumpuan jepit pada tanah dasar. Selanjutnya struktur yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi-kombinasi beban yang berasal dari struktur atas, beban gelombang, arus, dan lain-lain.

Pada pemodelan ini terlebih dahulu harus menentukan titik jepit (*fixity point*) nya. Titik jepit pada kedalaman Z_f untuk desain praktisnya diambil 1.5 m untuk tanah berbutir yang padat dan lempung keras, 3 m untuk lempung lunak dan lanau (Tomlinson, 1994). Secara umum *fixity point* dapat ditentukan dari persamaan berikut ini :

$$Z_f = 1.8T \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana :

Z_f = Titik Jepit

T = Faktor kekakuan, dengan $T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$

E = Modulus Elastisitas

I = Momen Inersia

nh = koefisien modulus variasi sebesar 700 kN/m³ untuk tanah lempung (Tomlinson, 2008) atau bisa melihat tabel 2.3.

2.2.11.2. Pemodelan Tanah dan Pondasi Sebagai Elemen *Spring*

Pada model ini, daya dukung tanah lateral dimodel sebagai elemen *spring*. Untuk penempatan *spring* pada pondasi kelompok tiang, maka pondasi kelompok tiang ini diasumsikan sebagai pondasi tiang pancang dengan modulus elastisitas tanah di antara tiang-tiang dalam kelompok tiang dianggap sama dengan modulus elastisitas tiang (Laintarawan, 2006). Pondasi tiang pancang sebagai elemen solid sedangkan daya dukung tanah lateral dimodel sebagai elemen *spring*.

Elemen *spring* yang digunakan dalam perhitungan diasumsikan sebagai pengganti tanah (Teori Pegas Winkler). Nilai kekakuan pegas tersebut menggunakan nilai *subgrade reaction* yang telah diajukan oleh para ahli. pada Tugas Akhir ini nilai *subgrade reaction* menggunakan metode yang diajukan oleh Scott dan Bowles.

Untuk tanah lempung, nilai *subgrade reaction* tanah diambil dari persamaan Bowles (1968) dengan memodifikasi rekomendasi dari Vesic tentang reaksi tanah lempung yang tidak dipengaruhi oleh kedalaman, persamaan yang digunakan yaitu :

$$k = \frac{1,3E_a}{1-\mu_s} \left[\frac{E_s D^4}{E_p I_p} \right]^{1/12} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

- k = subgrade reaction
- μ_s = poisson ratio, (clay 0,1-0,5)
- E_s = secant modulus tanah, (clay 2-250)
- D = diameter tiang
- E_p = modulus tiang
- I_p = inersia tiang

Dengan μ_s dan E_s sebagai berikut :

Values or value ranges for Poisson's ratio μ

Type of soil	μ
Clay, saturated	0.4–0.5
Clay, unsaturated	0.1–0.3
Sandy clay	0.2–0.3
Silt	0.3–0.35
Sand, gravelly sand	– 0.1–1.00
commonly used	0.3–0.4
Rock	0.1–0.4 (depends somewhat on type of rock)
Loess	0.1–0.3
Ice	0.36
Concrete	0.15
Steel	0.33

Gambar 2.19. Nilai *Poisson Rasio*

(Sumber : Bowles)

Value range* for the static stress-strain modulus E_s for selected soils (see also Table 5-6)

Field values depend on stress history, water content, density, and age of deposit

Soil	E_s , MPa
Clay	
Very soft	2–15
Soft	5–25
Medium	15–50
Hard	50–100
Sandy	25–250
Glacial till	
Loose	10–150
Dense	150–720
Very dense	500–1440
Loess	15–60
Sand	
Silty	5–20
Loose	10–25
Dense	50–81
Sand and gravel	
Loose	50–150
Dense	100–200
Shale	150–5000
Silt	2–20

*Value range is too large to use an "average" value for design.

Gambar 2.20. Nilai *Secant Modulus Tanah*

(Sumber : Bowles)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *subgrade reaction* untuk tanah berpasir menggunakan metode dari Scott (1981), metode ini digunakan untuk menghitung *subgrade reaction* pada tanah pasiran dengan koreksi terhadap N-SPT. Berikut ini adalah persamaannya :

$$k_{0,3} = 1800 N \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

$k_{0,3}$ = *subgrade reaction* untuk lebar perkenaan fondasi tanah 0,3m.

N = N-SPT yang sudah dikoreksi.

Nilai tersebut berhubungan dengan hasil percobaan yang dilakukan oleh Terzaghi menggunakan *plate loading test* pada plete berukuran 0,3 m x 0,3 m. Oleh karena itu perlu dilakukan penyesuaian dengan persamaan fondasi dengan tanah pasiran sebagai berikut :

$$k = k_{0,3} \left(\frac{B+0,3}{2B} \right)^2 \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

B = lebar perkenaan fondasi dan tanah.

k = *subgrade reaction*.

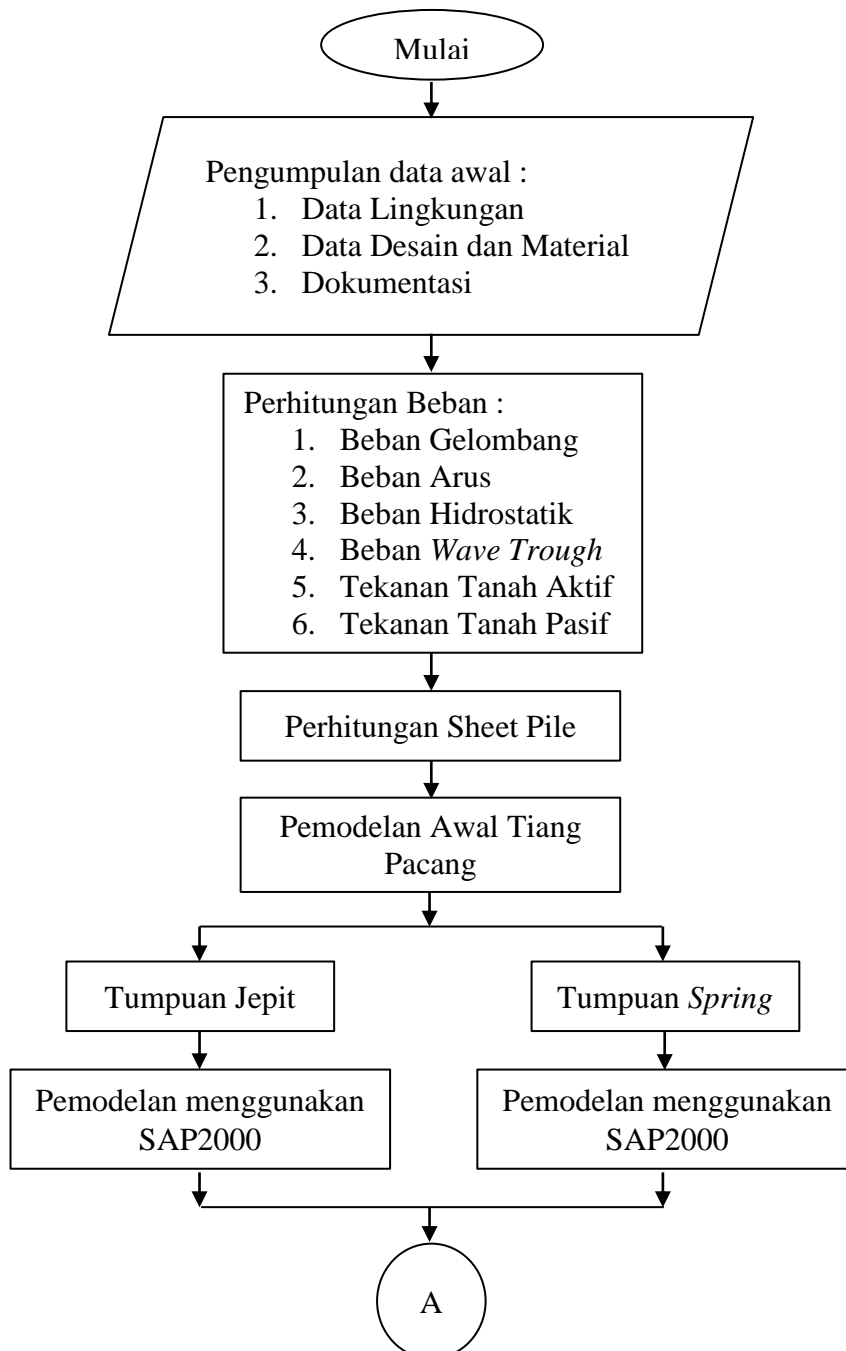
Nilai-nilai *subgrade reaction* hasil perhitungan menggunakan persamaan diatas kemudian digunakan sebagai nilai kekakuan pegas pada pemodelan dalam perangkat lunak SAP2000.

BAB III

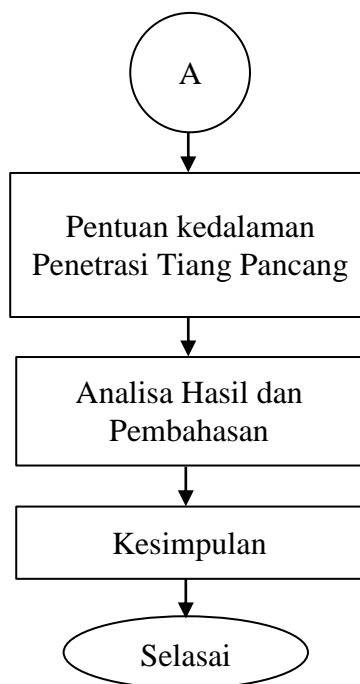
METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Dalam tugas akhir ini diperlukan diagram alir pengerjaan untuk mempermudah evaluasi perkembangan. Secara garis besar, pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

3.2. Prosedur Pengerjaan Tugas Akhir

3.2.1. Studi Literatur

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan studi literatur. Hal ini dilakukan untuk memahami teori-teori dan penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan pemecahan masalah.

3.2.2. Pengumpulan Data Awal

Data awal yang *digunakan* dalam penulisan tugas akhir ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian maupun pengukuran yang sudah ada. Data-data tersebut ialah :

1. Data Lingkungan
 - Data Tanah
 - Data Batimetri
 - Data Angin dan Gelombang
 - Data Arus
 - Data Sedimen
2. Data Desain dan Material
 - Data *Jetty*

- Spesifikasi Tiang Pancang

3. Dokumentasi

3.2.3. Perhitungan Beban

Perhitungan beban ini dilakukan untuk mengetahui beban-beban apa saja yang akan mengenai *sheet pile*. Beban-beban tersebut diantaranya adalah beban gelombang, beban arus, beban hidrostatik, dan beban *wave trough*, serta beban tanah aktif dan pasif.

3.2.4. Perhitungan *Sheet Pile*

Setelah mengetahui besarnya beban-beban yang mengenai *sheet pile*. Selanjutnya yaitu menghitung atau merencanakan *sheet pile* yang akan digunakan. Mulai dari menghitung panjang *sheet pile* hingga penentuan kriteria *sheet pile* yang akan digunakan. Selain itu juga digunakan untuk mengetahui beban yang akan ditransfer ke tiang pancang.

3.2.5. Pemodelan Awal Tiang Pancang

Setelah mengetahui desain struktur yang digunakan, selanjutnya adalah pemodelan awal tiang pancang. Pemodelan awal ini dilakukan untuk mengetahui tiang pancang rencana mampu menahan beban-beban yang ditransfer atau tidak berdasarkan nilai reaksinya. Jika tiang pancang pemodelan awal tersebut memenuhi syarat, maka dimensi-dimensi tiang pancang tersebut juga dapat digunakan untuk pemodelan selanjutnya. Yaitu pemodelan tiang pancang dengan menggunakan variasi tumpuan (tumpuan jepit dan tumpuan *spring*).

3.2.6. Tumpuan Jepit

Tumpuan dianggap berada pada *fixity point* (Z_f) atau dapat dikatakan bahwa tiang pancang berada pada kedalaman dengan kondisi terjepit penuh. Kedalaman titik jepit virtual diperoleh

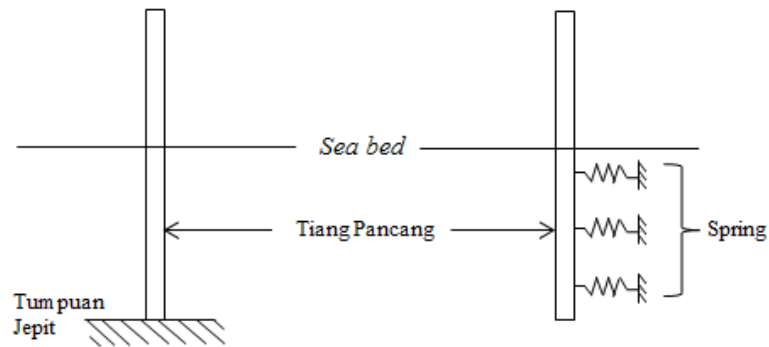
dari persamaan $Z_f = 1.8T$, dimana $T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$

3.2.7. Tumpuan *spring*

Tumpuan dianggap sebagai tumpuan *spring* dimana besarnya reaksi yang dapat didukung oleh tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan *spring*, tergantung dari besarnya gaya *spring* dari tumpuan yang bersangkutan. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan *spring*, kemampuan untuk mendukung beban, tergantung dari besarnya *modulus of subgrade reaction* (k_s) dari tanah.

3.2.8. Pemodelan menggunakan SAP2000

Dalam pemodelan ini akan dilakukan dua variasi model tumpuan tiang pancang yaitu model tiang pancang dengan tumpuan jepit dan tumpuan *spring*. Tujuan dari pemodelan ini adalah untuk memperoleh gaya dalam masing-masing tumpuan.



Gambar 3.2. Ilustrasi tumpuan jepit dengan tumpuan *spring*

3.2.9. Penentuan Kedalaman Penetrasi Tiang Pancang

Setelah melakukan pemodelan dan melakukan *running* program, selanjutnya ialah menentukan kedalaman penetrasi tiang pancang untuk memperoleh panjang tiang pancang yang dibutuhkan. Penentuan kedalaman penetrasi tiang pancang diperoleh dengan cara membandingkan nilai *Safety Factor* nya. Dimana nilai *Safety Factor* tersebut harus lebih besar sama dengan 3. Nilai *Safety Factor* diperoleh dari nilai Q ultimate dibagi dengan gaya reaksi yang dihasilkan oleh masing-masing tumpuan atau $SF = \frac{Q_{ult}}{P}$

3.2.10. Analisa Hasil dan Pembahasan

Setelah tahap-tahap diatas dilakukan, kemudian dari hasil tersebut akan dianalisa perilaku teknis dari kedua tiang. Perilaku teknis tiang pancang ini meliputi kemungkinan defleksi yang terjadi, momen, gaya aksial, gaya geser, serta tegangan yang bekerja pada struktur. Sehingga dari analisa tersebut akan diperoleh perbandingan nilai defleksi, momen, gaya aksial, gaya geser, serta tegangan antara kedua variasi dan diperoleh alternatif tumpuan tiang pancang yang paling efektif dengan cara membandingkan panjang tiang pancang yang digunakan.

3.2.11. Kesimpulan

Dari analisa hasil penelitian kemudian ditarik kesimpulan yang diharapkan dapat menjawab tujuan dari penelitian. Setelah itu diberikan saran untuk penelitian mendatang maupun pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi obyek studi penelitian dari tugas akhir ini terletak di kawasan PLTGU Grati yang berlokasi di Jalan Raya Surabaya Probolinggo, Desa Wates, Kecamatan Lekok, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Secara Geografis PLTGU Grati terletak di $113^{\circ} 00' 35,5''$ - $113^{\circ} 02' 06,2''$ bujur timur dan $7^{\circ} 39' 10,6''$ - $07^{\circ} 39' 11,6''$ lintang selatan. Lokasi PLTGU Grati memiliki area seluas ± 73 hektar, dengan area pantai seluas 38 hektar dan area reklamasi seluas 35 hektar, dimana wilayah tersebut dikelilingi oleh selat madura.

4.2. Data Pasang Surut

Data pasang surut diperlukan untuk menentukan elevasi muka air rencana, sehingga dapat ditentukan penempatan elevasi stuktur. Adapun data pasang surut yang digunakan dalam tugas akhir ini diperoleh dari hasil survei lapangan.

a. Konstanta Pasang Surut

Konstanta pasang surut ini umumnya menentukan gerakan air dalam periode tengah harian sampai harian, tergantung tipe pasang surut yang terjadi pada perairan tersebut. Adapun sembilan komponen utama konstanta pasang surut yang diperoleh adalah M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2, dan P1.

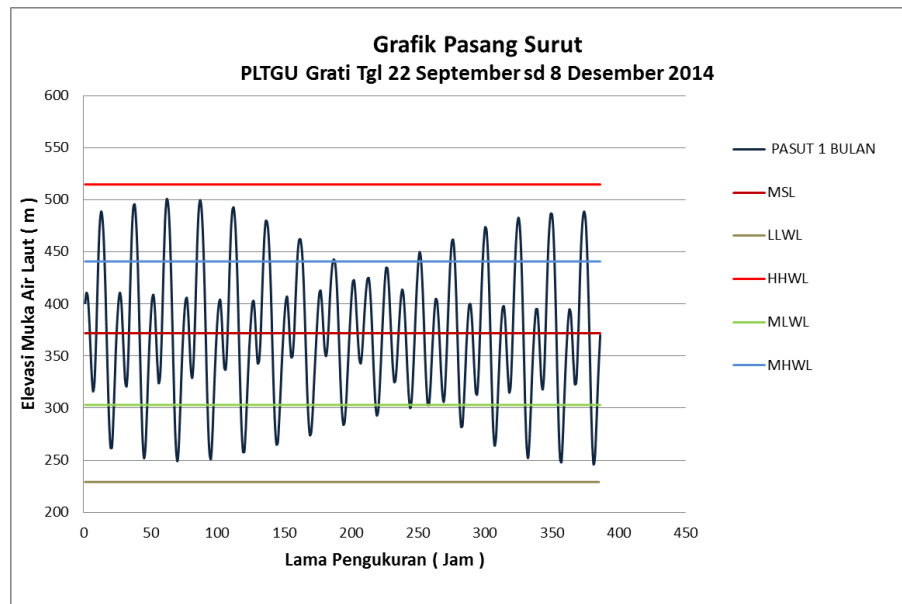
M2	: Komponen utama bulan (semi diurnal)
S2	: Komponen utama matahari (semi diurnal)
N2	: Komponen eliptis bulan
K1	: Komponen bulan
O1	: Komponen utama bulan (diurnal)
M4	: Komponen utama bulan (kuarter diurnal)
MS4	: Komponen matahari bulan
K2	: Komponen bulan
P1	: Komponen utama matahari (diurnal)

Tabel 4.1. Hasil Analisis harmonik pasang surut di PLTGU Grati.

A (cm)	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁	S ₀
	64	35	13	24	13	2	5	12	11	372
g ⁰	297	324	348	128	297	90	120	324	128	0

b. Grafik Pasang Surut

Dari data pengamatan pasang surut di lokasi penelitian daerah Grati, grafik pasang surutnya adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Grafik Pasang Surut PLTGU Grati.

c. Tipe Pasang Surut

Setelah konstanta pasang surut diketahui, tipe pasang surut dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan 2.1 (pada Bab II). Dari persamaan tersebut diperoleh nilai Formzahl $F = 1,0725$ atau $0,25 < F < 1,50$. Maka dapat diketahui tipe pasang surut untuk daerah Grati merupakan tipe pasang surut campuran dominan semi diurnal (*mixed tide prevelailing semidiurnal tide*) yaitu suatu pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari, namun tinggi dan periodenya berbeda.

d. Tunggang Pasang Surut

Dari hasil survei tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan, maka diperoleh data sebagai berikut :

HAT (<i>High Astronomical Tide</i>)	$= S_o + \Sigma(A_i)$ $= 574 \text{ cm}$
HHWS (<i>Highest High Water Spring</i>)	$= S_o + (AM_2 + AS_2 + AK_1 + O_1)$ $= 515 \text{ cm}$
MHWS (<i>Mean High Water Spring</i>)	$= S_o + (AM_2 + AS_2)$ $= 441 \text{ cm}$
MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	$= AS_0$ $= 372 \text{ cm}$
MLWS (<i>Mean Low Water Spring</i>)	$= S_o - (AM_2 + AS_2)$ $= 303 \text{ cm}$
LLWS (<i>Lowest Low Water Spring</i>)	$= S_o - (AM_2 + AS_2 + AK_1 + O_1)$ $= 229 \text{ cm}$
LAT (<i>Low Astronomical Tide</i>)	$= S_o + \Sigma(A_i)$ $= 170 \text{ cm}$

Selanjutnya dalam perencanaan digunakan elevasi berikut :

HHWS	=	286 cm
MHWS	=	212 cm
MSL	=	143 cm
MLWS	=	74 cm
LLWS	=	0 cm

4.3. Data Gelombang

Data Gelombang yang dipakai dalam penelitian tugas akhir ini merupakan data gelombang yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika selama 11 tahun, yaitu mulai dari tahun 2004 sampai tahun 2014. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa arah gelombang dominan berasal dari timur dan timur laut dengan tinggi gelombang signifikan rata-rata adalah 0,966 m dengan periode signifikan rata-rata yaitu 6,26 detik.

4.4. Perhitungan Kala Ulang

Dalam perhitungan kala ulang 50 tahun ini, penulis menggunakan data gelombang sekunder. Dari data tersebut kemudian dihitung tinggi gelombang signifikan (H_s) untuk masing-masing tahun.

Tabel 4.2. Tinggi Gelombang Signifikan 2004-2014.

No.	Year	H_s (m)	T_s (s)
1	2004	1,160	6,630
2	2005	0,880	5,590
3	2006	0,900	6,290
4	2007	1,120	6,820
5	2008	1,070	6,440
6	2009	0,780	5,860
7	2010	0,510	4,860
8	2011	0,100	6,610
9	2012	1,070	6,210
10	2013	1,320	6,670
11	2014	1,720	6,850

Dari tabel di atas, data tinggi gelombang signifikan kemudian diurutkan untuk selanjutnya diolah untuk menentukan tinggi gelombang kala ulang 50 tahun dengan menggunakan distribusi *Fisher Tippett I*.

Tabel 4.3. Perhitungan Gelombang dengan Kala Ulang

m	H_{sm}	P	y_m	$H_{sm} y_m$	y_m^2	$(H_{sm} - H_{mavg})^2$
1	1,720	0,9496	2,9628	5,0961	8,7784	0,5679678
2	1,320	0,8597	1,8894	2,4941	3,5700	0,1250587
3	1,160	0,7698	1,3408	1,5553	1,7977	0,0374950
4	1,120	0,6799	0,9522	1,0665	0,9068	0,0236041
5	1,070	0,5899	0,6391	0,6839	0,4085	0,0107405
6	1,070	0,5000	0,3665	0,3922	0,1343	0,0107405
7	0,900	0,4101	0,1149	0,1034	0,0132	0,0044041
8	0,880	0,3201	-0,1301	-0,1145	0,0169	0,0074587
9	0,780	0,2302	-0,3844	-0,2998	0,1478	0,0347314
10	0,510	0,1403	-0,6750	-0,3443	0,4556	0,2082678
11	0,100	0,0504	-1,0948	-0,1095	1,1986	0,7505860
Σ	10,6300	5,5000	5,9815	10,5233	17,4277	1,7810545
	Σ_1	Σ_2	Σ_3	Σ_4	Σ_5	Σ_6

Tabel 4.4. Gelombang dengan Kala Ulang Tertentu

T_r (years)	y_r (meter)	H_{sr} (meter)	T_{sr} (second)
2	0,3665	0,91	6,2014
5	1,4999	1,29	6,5589
10	2,2504	1,54	6,7956
15	2,6738	1,68	6,9291
20	2,9702	1,78	7,0227
25	3,1985	1,85	7,0947
50	3,9019	2,09	7,3166
75	4,3108	2,23	7,4455
100	4,6001	2,32	7,5368
150	5,0073	2,46	7,6652

Dari Perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa perkiraan tinggi gelombang dengan kala ulang 50 tahun adalah 2,09 meter dengan periode 7,32 detik. Dari hasil perhiungan tersebut selanjutnya digunakan untuk mentukan gelombang pecah, dan beban gelombang yang mengenai dinding vertikal perpanjangan *jetty* PLTGU Grati.

4.5. Gelombang Pecah

Tinggi gelombang rencana berkaitan erat dengan kedalaman air di depan kaki bangunan, kemiringan dasar pantai dan jarak penjalaran gelombang pecah. Karena nilai $d_s = 4,43$ m ; $d_s/gT^2 = 0,008$. Dan *slope* perpanjangan *jetty* berada di kedalaman 2 hingga 3 m yaitu *slope* $m = 0,01$.

Maka dari gambar 2.4 di atas diperoleh $\frac{H_b}{d_s} = 0,83$.

Sehingga,

$$H_b = 0,83 \times 4,43 = 3,63 \text{ m}$$

Setelah H_b diketahui, maka d_b dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.14. Maka diperoleh nilai d_b sebagai berikut :

$$H_D = H_b = \frac{d_b - d_s}{(4,0 - 9,25m)m}$$
$$3,68 = \frac{d_b - 4,43}{(4,0 - 9,25(0,01))(0,01)}$$
$$d_b = 3,94 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas maka diperoleh nilai tinggi gelombang pecah sebesar 3,63 m dan kedalaman gelombang pecah 3,94 m.

4.6. Pembebanan

4.6.1. Beban Gelombang

Metode yang digunakan dalam perhitungan beban gelombang dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah metode Goda. Persamaan yang digunakan untuk menghitung tekanan yang disebabkan oleh gaya gelombang telah disajikan dalam persamaan 2.15 sampai 2.17. Rumus di atas dapat digunakan untuk berbagai kondisi gelombang. Dimana distribusi tekanan gelombang yang diberikan oleh Goda, yang berbentuk trapesium (Gambar 2.7). Sebelum menghitung tekanan gelombang, parameter yang harus dihitung terlebih dahulu adalah $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Berikut ini adalah perhitungan $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$:

Perhitungan α_1

Nilai α_1 dapat ditentukan dari grafik penentuan α_1 (gambar 2.9), dengan cara mencari nilai $\frac{h}{L_0}$ terlebih dahulu. Karena nilai $\frac{h}{L_0} = 0,036$. Maka dari gambar 2.8 di atas diperoleh nilai $\alpha_1 = 0,96$.

Perhitungan α_2

Dengan menggunakan persamaan 2.19 maka diperoleh nilai α_2 sebagai berikut :

$$\alpha_2 = \min \left\{ \left(\frac{h_b - d}{3h_b} \right) \left(\frac{H_D}{d} \right)^2 ; \frac{2d}{H_D} \right\}$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \left(\frac{0 - 3}{3.0} \right) \left(\frac{3,68}{3} \right)^2 ; \frac{2 \cdot 3}{3,68} \right\}$$

$$\alpha_2 = \min \{ 0 ; 1,63 \}$$

$$\alpha_2 = 0$$

Perhitungan α_3

Sebelum menghitung α_3 terlebih dahulu harus menentukan nilai $\frac{1}{\cosh(2\pi h/L)}$, nilai tersebut dapat diperoleh dari gambar 2.9. Karena

nilai $\frac{h}{L_0} = 0,36$, maka dari grafik di atas diperoleh nilai $\frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} = 0,945$. Sehingga :

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right\}$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{3}{3} \left\{ 1 - \frac{1}{0,945} \right\}$$

$$\alpha_3 = 0,95$$

▪ Perhitungan Tekanan Gelombang

Jika $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ telah diketahui, maka tekanan gelombang yang bekerja pada dinding vertikal di SWL dapat dihitung. Hasil perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

Perhitungan P_1

$$P_1 = 0,5(1 + \cos \beta)(\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2 \beta) \rho g H_D$$

$$P_1 = 0,5(1 + \cos(15^\circ))(0,96.1 + 0.1. \cos^2(15^\circ)). 10,25. 9,8. 3,76$$

$$P_1 = 43,63 \text{ kN}$$

Perhitungan P_2

$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi h/L)}$$

$$P_2 = \frac{43,63}{1,1247}$$

$$P_2 = 41,23 \text{ kN}$$

Perhitungan P_3

$$P_3 = \alpha_3 \cdot P_1$$

$$P_3 = 0,95. 43,63$$

$$P_3 = 41,23 \text{ kN}$$

Dalam perencanaan *sheet pile* Grati nilai P_2 tidak perlu digunakan karena dalam kenyataannya P_2 tidak ada. P_2 adalah tekanan yang terjadi pada tanah dasar (lihat gambar 2.7). Sehingga tekanan gelombang yang digunakan adalah $P_1 = 43,63 \text{ kN}$ dan $P_3 = 41,23 \text{ kN}$.

4.6.2. Beban Arus

Distribusi beban arus yang digunakan dalam tugas akhir ini dianggap seragam (gambar 2.10). Dengan gaya drag yang dihitung dengan menggunakan persamaan 2.21. Dari persamaan tersebut maka gaya drag yang terjadi sebesar $F_D = 7,73 \text{ kN}$.

4.6.3. Beban *Wave Trough*

Besarnya nilai *Wave Trough* dapat ditentukan dari grafik perhitungan P_{min} dan P_2 ini (Gambar 2.12 dan 2.14), dengan menentukan nilai H/L dan h/L terlebih dahulu.

$$\begin{array}{llll} H & = 2,09 \text{ m} & h & = 3 \text{ m} \\ L & = 83,51 \text{ m} & H/L & = 0,025 \\ T & = 7,31 \text{ s} & h/L & = 0,036 \end{array}$$

Dari Gambar 2.12 di atas maka diperoleh nilai $P_{min}/H = 0,375$.
Sehingga,

$$\begin{aligned} \frac{P_{min}}{H} &= 0,375 \\ P_{min} &= 0,375 \times 2,09 \\ P_{min} &= 0,731 \text{ ton} \\ P_{min} &= 7,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

Selanjutnya yaitu menentukan nilai s (jarak tekanan ke *seabed*), nilai tersebut diperoleh dari gambar 2.13. Dari grafik di atas maka dapat dilihat bahwa besarnya nilai s/h adalah 0,42, sehingga :

$$\begin{aligned} \frac{s}{h} &= 0,42 \\ s &= 0,42 \times 3 \\ s &= 1,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah menentukan nilai s/h selanjutnya yaitu menentukan nilai P_2/H . Nilai P_2/H dapat ditentukan dari gambar 2.14. Karena nilai $H/L = 0,025$ maka diperoleh nilai P_2/H sebesar 0,32. Maka :

$$\begin{aligned} \frac{P_2}{H} &= 0,32 \\ P_2 &= 0,32 \times 2,09 \\ P_2 &= 6,69 \text{ kN} \end{aligned}$$

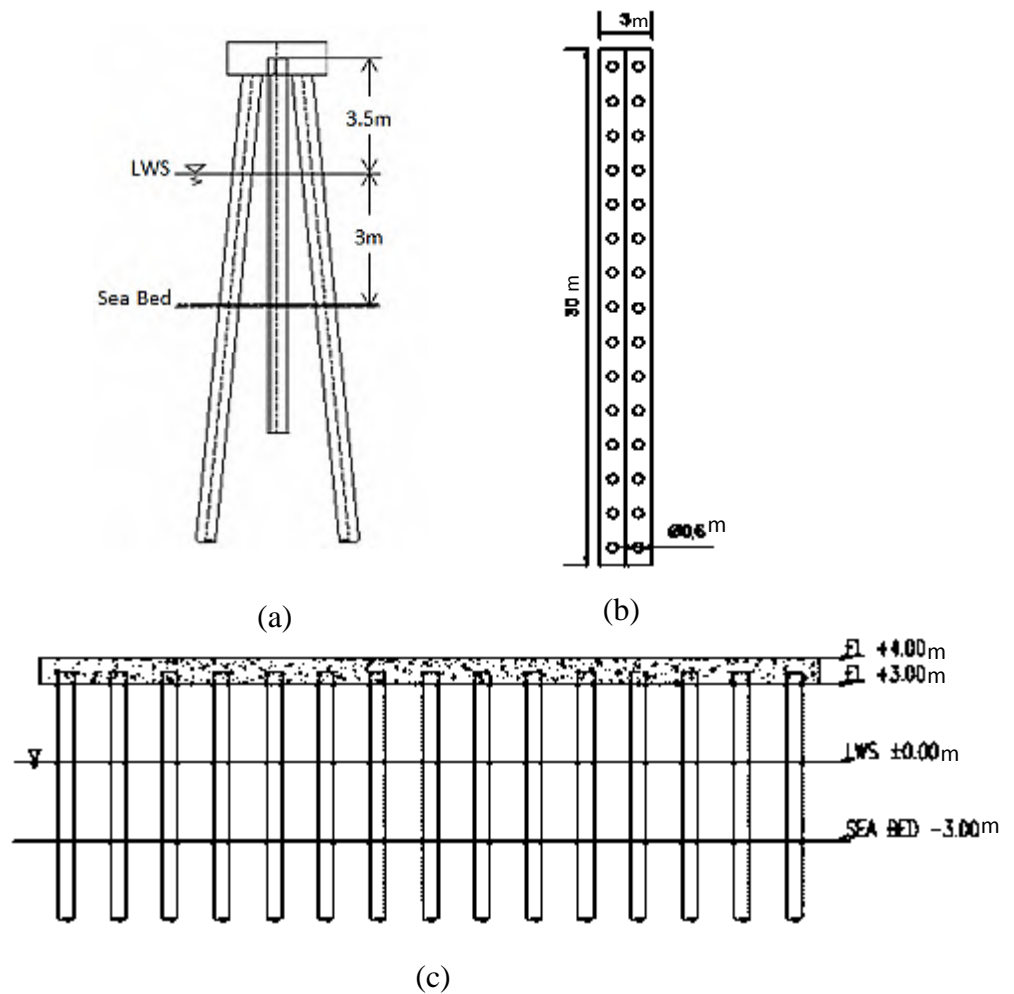
4.6.4. Beban Hidrostatik

Tekanan Hidrostatik selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Tekanan Hidrostatik pada turap dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.22. Dengan menggunakan persamaan yang ada maka diperoleh gaya hidrostatik sebesar 46,1 kN/m.

4.7. Perhitungan Struktur *Sheet pile*

4.7.1. Desain Turap

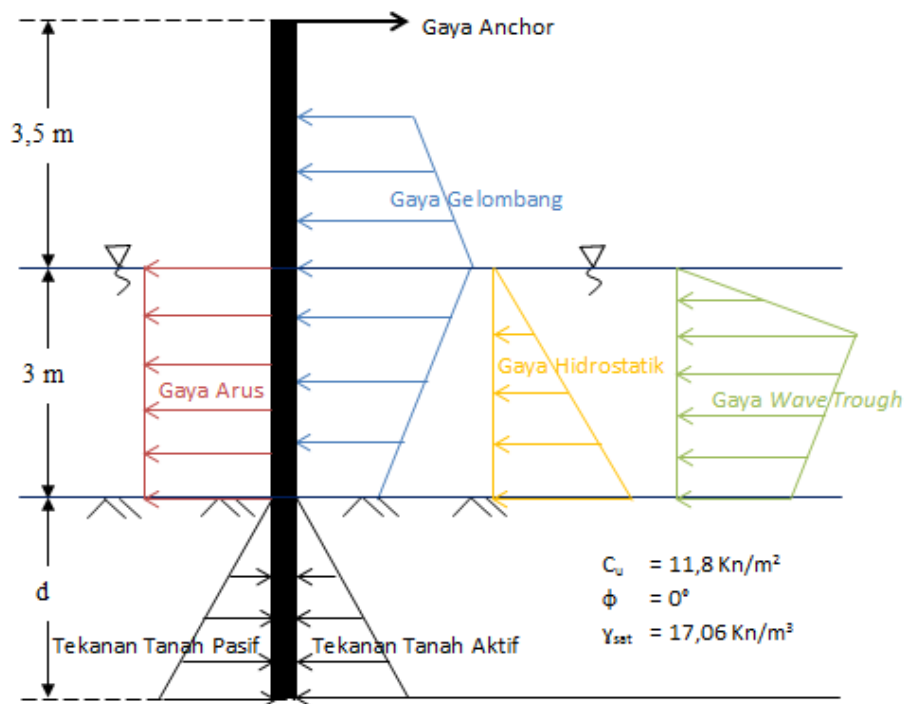
Adapun tipe turap yang dipakai adalah *anchored sheet pile*. Dimana anchor tersebut berupa tiang pancang miring dengan sudut tertentu terhadap kepala *sheet pile* dan selanjutnya diikat erat agar dinding *sheet pile* menjadi stabil.



Gambar 4.2. Layout Jetty (a) Tampak depan; (b) Tampak atas; dan (c) Tampak samping.

4.7.2. Perhitungan Kedalaman

Perhitungan kedalaman pemancangan turap dilakukan dengan menjumlahkan momen positif dan negatif yang berpusat di ujung atas turap. Momen positif (searah jarum jam) terdiri dari momen akibat adanya beban gelombang, arus, Hidrostatik dan tekanan tanah aktif. Sedangkan momen negatif (berlawanan arah jarum jam) dihasilkan oleh tekanan tanah pasif.



Gambar 4.3. Ilustrasi Distribusi Beban pada Turap.

Berdasarkan data tes tanah yang telah dilakukan karakteristik tanah dilokasi penelitian termasuk tanah *clay*. Sehingga perhitungan kebutuhan kedalaman pancang turap dapat dihitung sebagai berikut:

Gaya tekanan tanah aktif

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_a - 2ch\sqrt{K_a}$$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot 17,06 \cdot d^2 \cdot 1 - 2 \cdot 11,8 \cdot d \sqrt{1}$$

$$E_a = 8,53d^2 - 23,59d$$

Gaya tekanan tanah pasif

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_p + 2ch\sqrt{K_p}$$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot 17,06 \cdot d^2 \cdot 1 + 2 \cdot 11,8 \cdot d\sqrt{1}$$

$$E_a = 8,53d^2 + 23,59d$$

dimana :

E_a : gaya tekanan tanah aktif

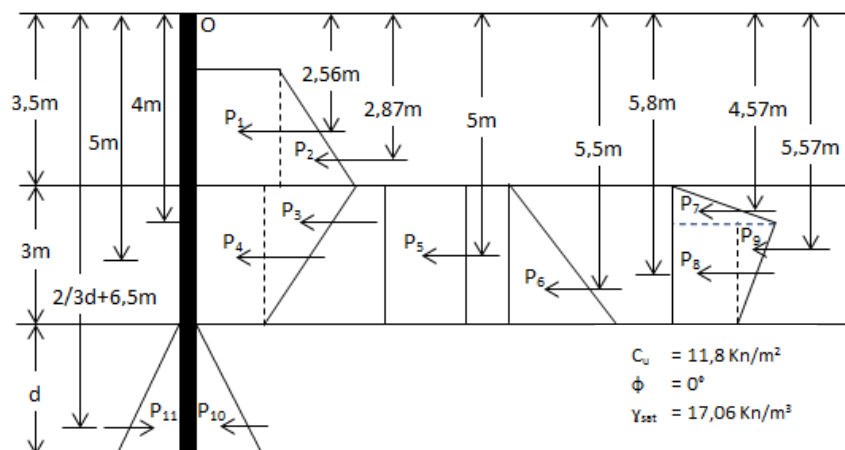
E_p : gaya tekanan tanah pasif

K_a, K_p : koefisien tekanan aktif, pasif ($K_a = K_p = 1$)

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

Momen untuk masing-masing gaya :



Gambar 4.4. Ilustrasi Beban pada Turap untuk Menentukan Momen Di Titik O.

Tabel 4.5. Perhitungan Momen Di Titik O.

Gelombang			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
P ₁	20,18	2,56	51,66
P ₂	11,73	2,87	33,69
P ₃	41,23	5,00	206,17
P ₄	1,20	4,50	5,4
Σ	74,34		296,92

Tabel 4.5. Perhitungan Momen Di Titik O (Lanjutan).

Arus			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
P ₅	7,73	5,00	38,63
Σ	7,73		38,63
Hidrostatik			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
P ₆	138,38	5,50	761,06
Σ	138,38		761,06
Wave Trough			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
P ₇	0,19	4,57	0,86
P ₈	6,69	5,80	38,79
P ₉	0,31	5,57	1,75
Σ	6,88		41,39
Tekanan Tanah Aktif dan Pasif			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen ke O (kN.m)
P ₁₀	8,53d ² - 23,59d	2/3d + 6,5	5,69d ³ - 39,73d ² - 153,34d
P ₁₁	8,53d ² + 23,59d	2/3d + 6,5	5,69d ³ + 71,18d ² + 153,34d
Σ			-31,45d ² - 306,67d

Untuk memperoleh nilai kedalaman, maka $\Sigma M = 0$.

$$\Sigma M_o = 0$$

$$\Sigma M_o = \text{Momen Gelombang} + \text{Momen Arus} + \text{Momen Hidrostatik} + \text{Momen Wave Trough} + (\text{Momen Tekanan Tanah Aktif} - \text{Momen Tekanan Tanah Pasif})$$

$$\Sigma M_o = 2,96,92 + 38,63 + 716,06 + 41,39 + (-31,45d^2 - 06,67d)$$

$$0 = 1138,00 - 31,45d^2 - 306,67d$$

$$1138 = 31,45d^2 + 306,67d$$

$$d = 2,9 \text{ m}$$

Dengan menggunakan cara coba-coba (*trial and error*,) didapatkan nilai kedalaman d sebesar 2,9 m dari dasar laut. Selanjutnya dari nilai tersebut dikali dengan faktor kedalaman 1,3 (dari *Sheet Piling Handbook Design*).

$$d_n = d \times \text{faktor kedalaman}$$

$$d_n = 2,9 \times 1,3$$

$$d_n = 3,8 \text{ m}$$

Untuk meningkatkan faktor maka kedalaman tersebut ditingkatkan menjadi 5,5 m. Jadi panjang turap keseluruhan adalah $6,5+5,5 = 12$ m.

4.7.3. Perhitungan Gaya Anchor

Perhitungan gaya anchor dibutuhkan untuk memperhitungkan gaya horizontal akibat turap yang ditahan oleh struktur *pile cap*. Gaya tersebut dapat dihitung menggunakan cara sebagai berikut :

$$T = \text{Gaya Gelombang} + \text{Gaya Arus} + \text{Gaya Hidrostatik} + \text{Gaya Wave Trough} + \text{Tekanan Tanah Aktif} - \text{Tekanan Tanah Pasif}$$

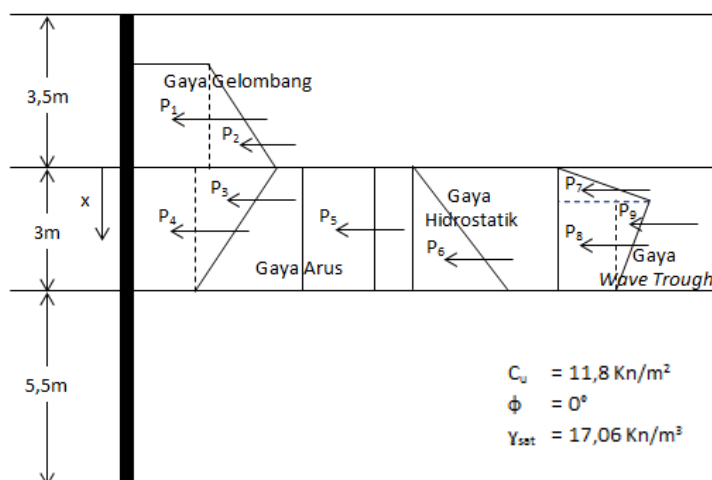
$$T = 74,34 + 7,73 + 138,38 + 6,88 + 3,34 - 140,16$$

$$T = 230,66 - 140,16$$

$$T = 90,50 \text{ kN}$$

4.7.4. Penentuan Kriteria *Sheet pile*

Penentuan kriteria *sheet pile* berdasarkan dari nilai momen maksimum yang terjadi pada struktur tersebut. Nilai momen maksimum terletak pada titik dimana gaya horizontal sama dengan nol ($\Sigma H = 0$) dititik *x*. Titik tersebut diasumsikan berada diantara LWS dan dasar laut.



Gambar 4.5. Ilustrasi Beban pada Turap untuk Menentukan Momen Di Titik *x*.

Tabel 4.6. Menentukan Letak Titik x.

Gelombang			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₁	21,82	1,8+x	39,27+21,82x
P ₂	15,63	1,8+x	28,14+15,63x
P ₃	7,02	X	7,02x
P ₄	20,62	X	20,62x
Σ			67,41+65,08x
Arus			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₅	3,86	X	3,86x
Σ	3,86		3,86x
Hidrostatik			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₆	92,25	x	92,25x
Σ	92,25		92,25x
Wave Trough			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₇	3,34	x-1,6	0,34x-5,35
P ₈	0,21	x-1,6	0,21x-0,33
P ₉	4,88	x	4,88x
Σ			8,43x-5,68
Gaya Anchor			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₁₀	90,50	3,5+x	316,74+90,50x
Σ	90,50		316,74+90,50x
Total			245,76-72,49x

Letak titik momen maksimum tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan cara berikut ini :

$$\Sigma H = 0$$

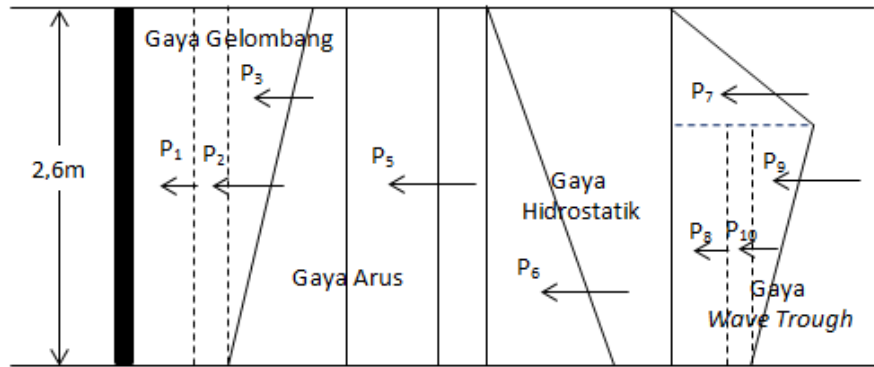
$$\Sigma H = \text{Gaya Gelombang } d_x + \text{Gaya Arus } d_x + \text{Gaya Hidrotatis } d_x + \text{Gaya Wave Trough } d_x - \text{Gaya Anchor } d_x$$

$$\Sigma H = 245,76 - 72,49 x$$

$$0 = 245,76 - 72,49 x$$

$$x = 2,6 \text{ m}$$

Dengan diperoleh $x = 2,6 \text{ m}$, maka momen maksimal yang terjadi pada titik tersebut yaitu :



Gambar 4.6. Ilustrasi Beban pada Turap untuk Menentukan Momen Di Titik x dengan Panjang Lengan 2,6 M.

Tabel 4.7. Perhitungan Momen Di Titik x.

Gelombang			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₁	0,69	2,6	1,80
P ₂	0,16	2,6	0,42
P ₃	13,74	2,6	35,74
Σ	14,60		37,96
Arus			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₅	1,49	2,6	3,86
Σ	1,49		3,86
Hidrostatik			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₆	79,95	2,6	207,87
Σ	79,95		207,87
Wave Trough			
No.	Gaya (kN)	Lengan ke x (m)	Momen ke x (kN.m)
P ₇	0,15	2,6	0,39
P ₈	0,22	2,6	0,58
P ₉	3,00	2,6	7,80
Σ	3,37		8,77

$$M_x = \text{Momen Gelombang} + \text{Momen Arus} + \text{Momen Hidrostatik} + \text{Momen Wave Trough}$$

$$M_x = 37,96 + 3,86 + 207,87 + 8,77$$

$$M_x = 258,461 \text{ kN.m}$$

Selanjutnya yaitu pemilihan tipe *sheet pile*. Pemilihan tersebut berdasarkan nilai *section modulusnya* (S).

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma}$$

$$S = \frac{258,461 \text{ kNm}}{250000 \text{ N/m}^2}$$

$$S = 0,001034 \text{ m}^3$$

$$S = 1034 \text{ cm}^3$$

Dengan melihat nilai *section modulus* (S) pada lampiran Spesifikasi *Steel Sheet Pile*, maka tipe turap yang dapat digunakan adalah Larssen 604. Dimana tipe turap tersebut memiliki *section modulus* ($S = 1667 \text{ cm}^3$) lebih besar dari nilai *section modulus* perhitungan ($S = 1034 \text{ cm}^3$).

4.8. Pemodelan Struktur Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang berfungsi untuk meneruskan atau menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah dasar. Dalam tugas akhir ini pemodelan struktur menggunakan *software* SAP2000.

Beban yang dipakai dalam pemodelan antara lain :

- Beban *pile cap* = 282,43 kN
- Beban anchor = 90,50 kN
- Beban *sheet pile* = 13,12 kN

Adapun spesifikasi tiang pancang sebagai berikut :

- Diameter luar = 600 mm
- Tebal = 100 mm
- Material = Beton type *Prestressed Concrete Spun Piles*
- F_c' (*compressive strength*) = 52 Mpa (52000 kN/m^2)
- Mssa Jenis beton = $23,54 \text{ kN/m}^3$
- Modulus Elastisitas Beton (E) = $1071764,9 \text{ kN/m}^2$
- Momen Inersia Tiang = $\frac{1}{64} \pi (D^2 - d^2)$
= $0,0051 \text{ m}^4$

Langkah awal dalam pemodelan ini yaitu menentukan spesifikasi tiang pancang dan besar beban yang mengenai struktur tiang pancang. Adapun beban kombinasi yang dipakai dalam tugas akhir ini yaitu berdasarkan ACI 318 (1999), berikut kombinasi pembebanan tersebut :

$$1. \text{UDCON1} = 1.4 \text{ (beban mati)}$$

Beban kombinasi di atas merupakan beban yang akan dimasukkan ke dalam *software*, dan beban tersebut nantinya akan otomatis diterima struktur.

Sebelum memasukkan beban-beban yang diterima oleh struktur, pertama harus membuat model seperti gambar 4.7 dan 4.8 sebagai berikut :

4.8.1. Tumpuan Jepit

Pemodelan pertama yang akan dibuat dalam tugas akhir ini yaitu pemodelan dengan menggunakan tumpuan jepit. Sebelum melakukan pemodelan harus ditentukan titik jepit (*fixity point*) terlebih dahulu. Penentuan titik jepit tersebut dapat diperoleh menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Z_f = 1.8 T$$

Dimana :

Z_f = Titik Jepit

T = Faktor kekakuan, dengan $T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$

E = Modulus Elastisitas

I = Momen Inersia

nh = koefisien modulus variasi sebesar 700 kN/m^3 untuk tanah lempung (Tomlinson, 2008)

Sehingga,

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{1071764,9 \times 0,0064}{700}}$$

$$T = 1,6 \text{ m}$$

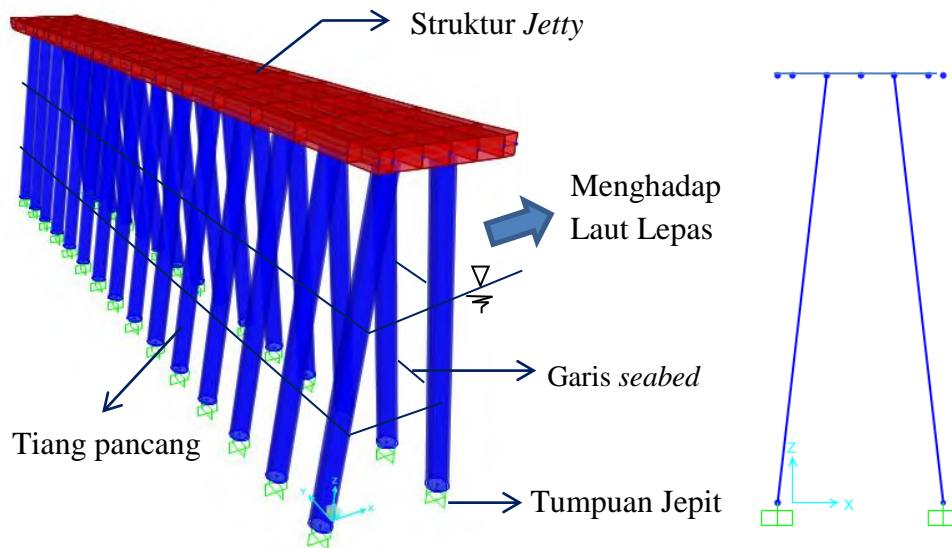
Setelah diperoleh nilai $T = 1,6$ m, maka titik jepitnya :

$$Z_f = 1,8T$$

$$Z_f = 1,8 \times 1,6$$

$$Z_f = 2,8 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

Setelah memperoleh titik jepit, maka panjang tiang pancang yang digunakan dalam pemodelan yaitu 9,5 m. Dalam pemodelan ini tumpuan yang digunakan berupa tumpuan jepit. Adapun pemodelan tiang pancang dengan tumpuan jepit dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.7. Pemodelan Tiang Pancang dengan Tumpuan Jepit.

4.8.2. Tumpuan Pegas

Pendekatan pemodelan tiang dianggap bahwa tanah disekitar tiang sebagai pegas dibuat menggunakan *spring*, panjang tiang pancang yang digunakan dalam pemodelan ini ialah 36,5 m. Nilai dari kekakuan *spring* ini menggunakan *subgrade reaction* dengan metode dari Bowles untuk tanah lempung dan metode dari Scott untuk tanah berpasir. Adapun persamaan yang digunakan untuk tanah lempung yaitu :

$$k = \frac{1,3E_s}{1 - \mu_s} \left[\frac{E_s D^4}{E_p I_p} \right]^{1/12}$$

Dimana :

- k = *subgrade reaction*
 μ_s = *poisson ratio, (clay 0,1-0,5)*
 E_s = *secant modulus tanah, (clay 2-250)*
 D = *diameter tiang*
 E_p = *modulus tiang*
 I_p = *inersia tiang*

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *subgrade reaction* untuk tanah berpasir adalah :

$$k = k_{0,3} \left(\frac{B + 0,3}{2B} \right)^2$$

Dimana :

- $k_{0,3}$ = *subgrade reaction* untuk lebar perkenaan fondasi tanah 0,3m.
 $k_{0,3}$ = 1800N.
 N = N-SPT yang sudah dikoreksi.
 B = lebar perkenaan fondasi dan tanah.
 k = *subgrade reaction*.

Nilai *subgrade reaction* tanah lempung yang digunakan untuk pemodelan yaitu

Tabel 4.8. Perhitungan Nilai *Subgrade Reaction* untuk Tanah Lempung.

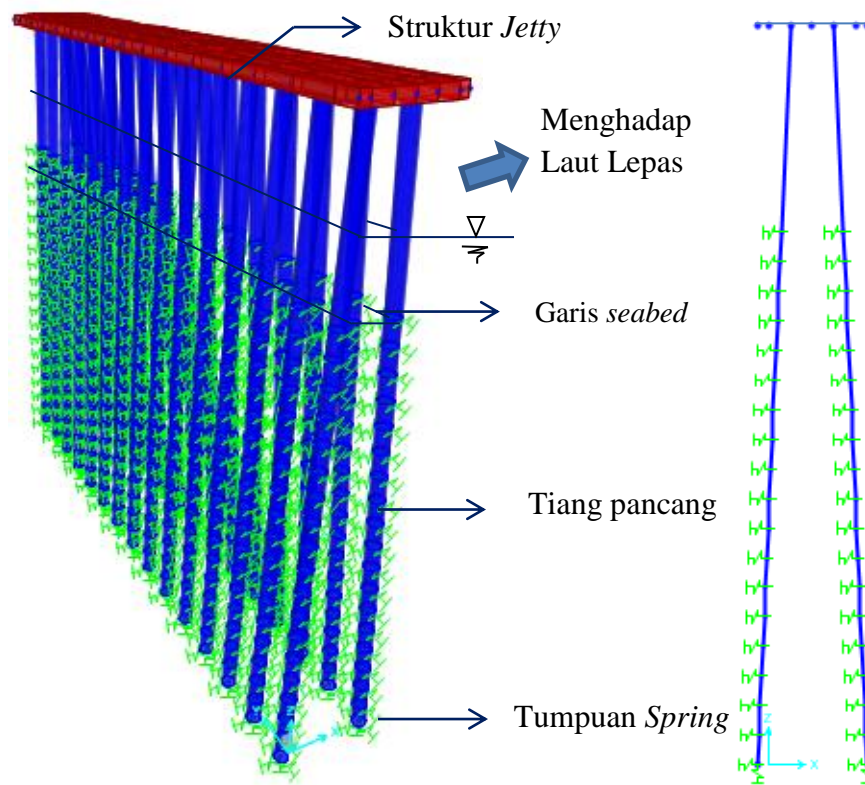
Depth	Soil	E_s	D (m)	E_p	I_p	k
0-19	clay	15000	0,6	1071764,9	0,0051	34190

Nilai *subgrade reaction* tanah berpasir yang digunakan untuk pemodelan yaitu :

Tabel 4.9. Perhitungan Nilai *Subgrade Reaction* untuk Tanah Berpasir.

Kedalaman	N	$k_{0,3}$	B	k
20-21	49	88200	0,6	6429,78
22-23	56	100800	0,6	7348,32
24-26	51	91800	0,6	6692,22
27-30	60	108000	0,6	7873,20

Setelah memperoleh nilai *subgrade reaction*, selanjutnya dilakukan pemodelan tiang pancang dengan panjang tiang pancang yang digunakan yaitu 36,5 m. Dalam pemodelan ini tumpuan yang digunakan berupa tumpuan *spring*. Adapun pemodelan tiang pancang dengan tumpuan *spring* dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini :

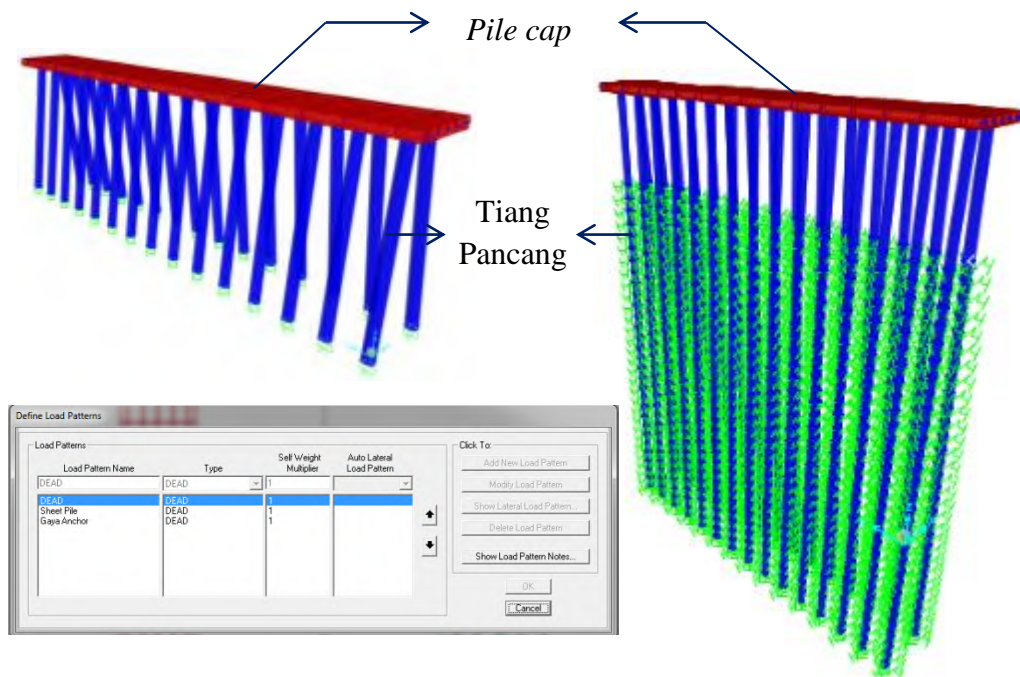


Gambar 4.8. Pemodelan Tiang Pancang dengan Tumpuan *Spring*.

Dalam pemodelan ini tiang pancang dimodelkan sebagai *frame* sedangkan *pile cap* sebagai *shell* dengan menggunakan material jenis beton. Tumpuan dimodelkan sebagai tumpuan jepit dan pegas. Pemodelan *jetty* yang dibuat sepanjang 30 m dengan jumlah tiang sebanyak 30 unit.

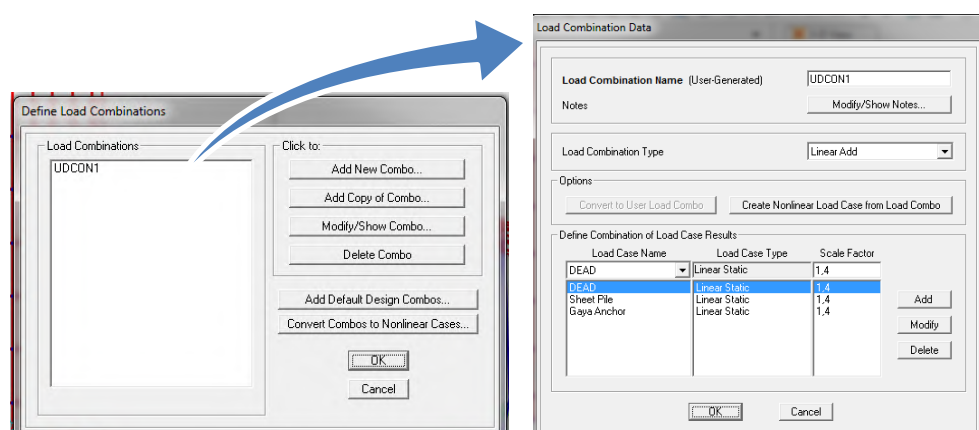
4.9. Pembebanan

Setelah semua data spesifikasi tiang pancang dan kombinasi pembebanan ditentukan serta pembuatan model selesai, selanjutnya yaitu memasukkan beban yang terjadi pada tiang pancang. Pembebanan dimasukkan pada tiang pancang secara langsung. Kemudian beban yang diterima tiang pancang secara otomatis oleh program akan disesuaikan berdasarkan kombinasi pembebanan yang telah ditentukan.



Gambar 4.9. Pembebanan Akibat Beban Mati pada Struktur *Jetty* dengan Tumpuan Jepit dan *Spring*.

Gambar 4.9. di atas menunjukkan beban mati yang diterima oleh struktur *jetty*. Untuk beban mati struktur *jetty* terdiri dari beban *pile cap*, *sheet pile*, dan beban anchor serta berat tiang pancang itu sendiri. Beban-beban tersebut selanjutnya akan disalurkan ke tiang pancang. Beban mati tersebut kemudian dijadikan beban kombinasi seperti yang telah disebutkan di atas. Adapun beban kombinasi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.10. Input beban kombinasi pada struktur *jetty* dengan tumpuan jepit dan *spring*.

Berdasarkan kombinasi pembebanan yang telah disebutkan di atas, maka tahap selanjutnya adalah proses *running* model. Dari hasil *running* model menggunakan *software*, akan didapatkan beberapa output perhitungan.

4.10. Hasil Pemodelan

Setelah melakukan pemodelan (gambar 4.7 dan gambar 4.8), selanjutnya dilakukan *running* model untuk memperoleh *output* dari *software*. *Output* tersebut diantaranya adalah gaya aksial yang bekerja pada tiap *frame* dan tiap joinnya, momen, gaya geser, tegangan, dan defleksi. Dalam analisa tiang pancang ini digunakan standart ACI 318 (1995). Salah satu syarat suatu struktur dinyatakan aman apabila besar defleksi yang terjadi tidak melampaui defleksi ijinnya. Berdasarkan SNI03-2847-2002 defleksi ijin struktur beton adalah panjang struktur sampai titik jepit (L)/240.

Berikut ini adalah *output* yang dihasilkan dari pemodelan tiang pancang dengan tumpuan jepit. Nilai gaya aksial, nilai gaya geser (*shear*), momen, dan defleksi akibat pembebanan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.10. Nilai Gaya Aksial, Gaya Geser, Momen dan Defleksi Tiang Pancang dengan Tumpuan Jepit Akibat Pembebanan.

Pembebanan	Max. Axial (kN)	Shear (kN)	Momen (kNm)	Defleksi (m)
UDCON1	648,225	44,037	173,832	0,032

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa defleksi terbesar akan terjadi dengan pembebanan kondisi 1 yaitu sebesar 0,032 m. Dari hasil defleksi di atas kemudian dilakukan kontrol defleksi sesuai dengan SNI03-2847-2002, dimana defleksi ijin ($L/240$) \geq defleksi maksimum yang terjadi.

$$L = Z_f + e = 3 + 6,5 = 9,5 \text{ m}$$

$$\text{Defleksi ijin} \geq \text{Defleksi yang terjadi}$$

$$9,5 \text{ m} / 240 \geq 0,032 \text{ m}$$

$$0,03958 \text{ m} \geq 0,032 \text{ m (Aman)}$$

Sedangkan untuk nilai tegangan maksimum yang terjadi pada tiang pancang dengan tumpuan jepit akibat pembebanan dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.11. Nilai Tegangan Maksimum Tiang Pancang dengan Tumpuan Jepit Akibat Pembebanan.

Pembebanan	Tegangan σ (kN/m ²)		f_c' (kN/m ²)	$\sigma_{\max} < f_c'$	Stress Ratio (R)
	Max	Min			
UDCON1	10366,87	-10521,60	52000	OK	0,20

Karena nilai $\sigma_{\max} < f_c'$ dan nilai $R < 1$ maka desain struktur tersebut dapat digunakan dan tidak mengalami *over stress*.

Untuk *output* tiang pancang dengan menggunakan tumpuan *spring* dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Berikut ini adalah tabel nilai gaya aksial, gaya geser (*shear*), momen, dan defleksi maksimum tiang pancang dengan menggunakan tumpuan *spring* akibat pembebanan :

Tabel 4.12. Nilai Gaya Geser, Momen dan Defleksi Tiang Pancang dengan Tumpuan *Spring* Akibat Pembebanan.

Pembebanan	Max. Axial (kN)	Shear (kN)	Momen (kN.m)	Defleksi (m)
UDCON1	300,439	32,089	165,666	-0,022

Sesuai dengan hasil defleksi di atas kemudian dilakukan kontrol defleksi sesuai dengan SNI03-2847-2002, dimana defleksi ijin ($L/240$) \geq defleksi maksimum yang terjadi. Nilai defleksi yang digunakan yaitu defleksi saat terkena beban kombinasi 1 yaitu sebesar -0,022 m.

$$L = Z_f + e = 30 + 6,5 = 36,5 \text{ m}$$

$$\text{Defleksi ijin} \geq \text{Defleksi yang terjadi}$$

$$36,5 \text{ m} / 240 \geq -0,022 \text{ m}$$

$$0,152 \text{ m} \geq -0,022 \text{ m (Aman)}$$

Sedangkan untuk nilai tegangan maksimum yang terjadi pada tiang pancang dengan tumpuan *spring* akibat pembebanan dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.13. Nilai Tegangan Maksimum Tiang Pancang dengan Tumpuan *Spring* Akibat Pembebanan.

Pembebanan	Tegangan σ (kN/m ²)		f_c' (kN/m ²)	$\sigma_{\max} < f_c'$	Stress Ratio (R)
	Max	Min			
UDCON1	7724,190	-8902,380	52000	OK	0,15

Dari tabel di atas diketahui bahwa nilai $\sigma_{\max} < f_c'$ dan nilai $R < 1$, sehingga desain struktur tersebut dapat digunakan dan tidak mengalami *over stress*.

4.11. Analisa dan Pembahasan

4.11.1. Pebandingan *Ouput* Tumpuan Jepit dengan Tumpuan *Spring*

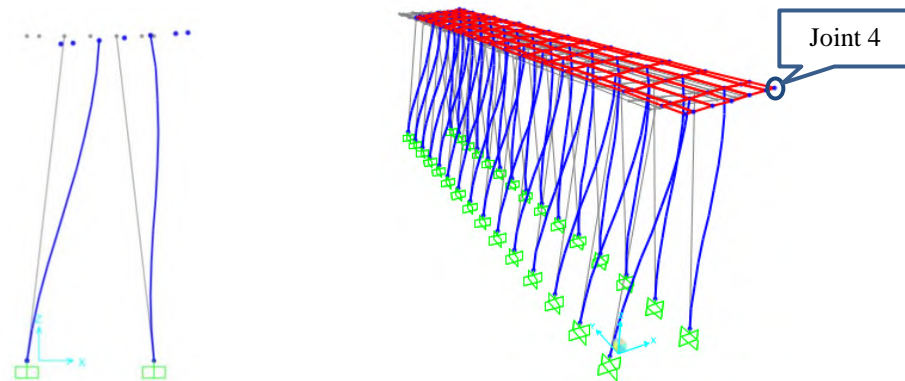
Setelah memperoleh *output* dari masing-masing tumpuan (jepit dan *spring*) kemudian kedua hasil tersebut dibandingkan.

Tabel 4.14. Perbandingan *Ouput* Tumpuan Jepit dengan Tumpuan *Spring*.

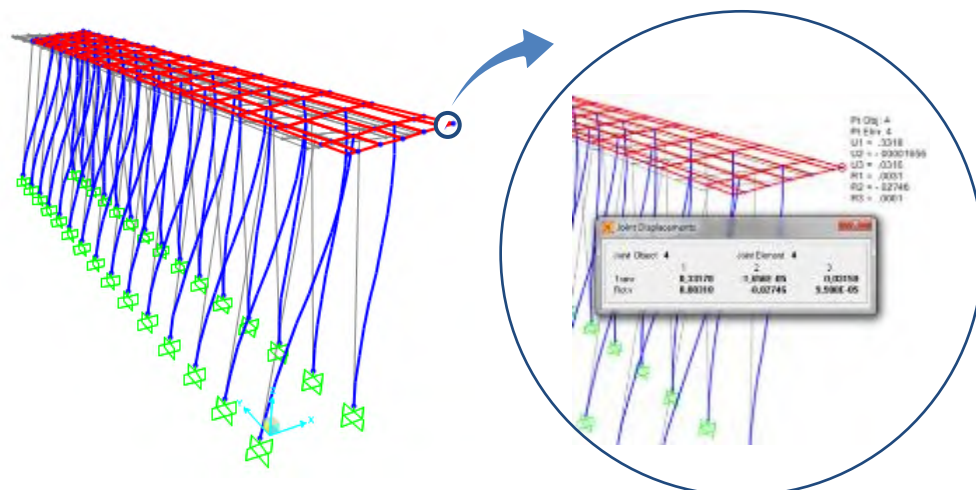
Keterangan	Tumpuan Jepit	Tumpuan <i>Spring</i>	Selisih
Gaya Aksial (kN)	648,225	300,439	347,786
Gaya Geser (kN)	44,037	32,089	11,948
Momen (kN.m)	173,832	165,666	8,167
Defleksi (m)	0,032	-0,022	0,010
Tegangan Maksimum (kN/m ²)	10366,870	7724,190	2642,680
Tegangan Minimum (kN/m ²)	-10521,600	-8902,380	-1619,220

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai gaya aksial tiang pancang dengan jepit lebih besar dari pada tiang pancang dengan tumpuan *spring*. Gaya aksial merupakan gaya dalam yang bekerja tegak lurus terhadap penampang potong atau sejajar dengan sumbu batang. Adapun gaya aksial yang diterima struktur dengan tumpuan jepit sebesar 648,225 kN dan gaya aksial diterima struktur dengan tumpuan *spring* yaitu 300,439 kN dan selisih antara keduanya yaitu 347,786 kN. Gaya-gaya tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang. Selanjutnya, untuk nilai gaya geser, momen, defleksi, dan tegangan maksimum serta tegangan minimum tiang pancang dengan jepit juga lebih besar dari pada hasil dari tiang pancang dengan tumpuan *spring*. Dimana selisih dari masing-masing gaya dalam tersebut adalah 11,948 kN untuk gaya geser; 8,167 kN.m untuk momen; 0,010 m untuk defleksi; dan 2642,680 kN/m² untuk tegangan maksimum; serta -1619,220 kN/m² untuk tegangan minimum. Hal tersebut terjadi karena tumpuan *spring* memiliki sifat seperti keadaan tanah yang sesungguhnya dan memiliki sifat daktail. Yaitu kemampuan suatu sistem struktur dalam berdeformasi *inelastic* tanpa kehilangan kekuatan yang berarti atau kemampuan suatu struktur untuk kembali ke bentuk semula sehingga memungkinkan terjadinya penyerapan energi. Tumpuan spring juga mempunyai derajat kebebasan (*degree of freedom*) yang mengakibatkan sistem mengalami

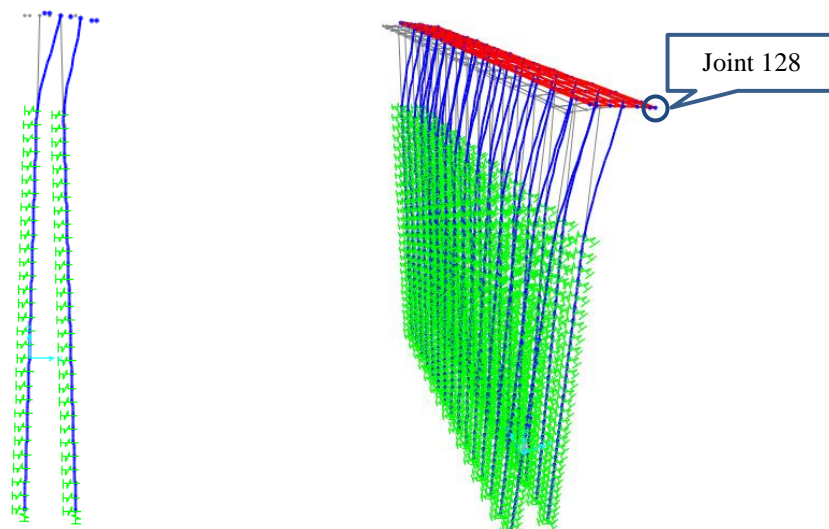
perputaran saja dan tidak bisa membengkok. Oleh karena itu nilai defleksi yang dihasilkan oleh tumpuan *spring* lebih kecil dibandingkan tumpuan jepit. Berikut ini akan ditunjukkan gambar defleksi untuk masing-masing tumpuan :



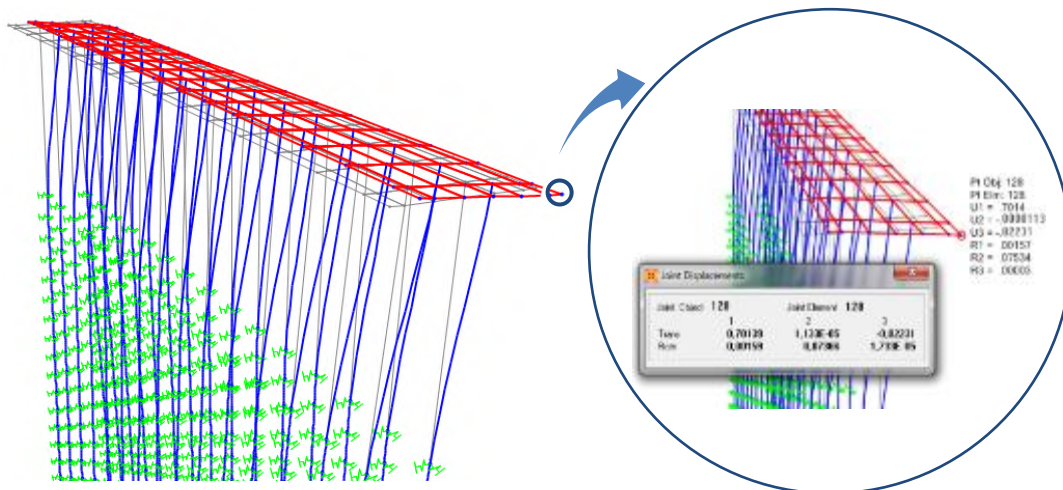
Gambar 4.11. Defleksi pada Tumpuan Jepit.



Gambar 4.12. Detail Defleksi pada Joint 4 Tumpuan Jepit.

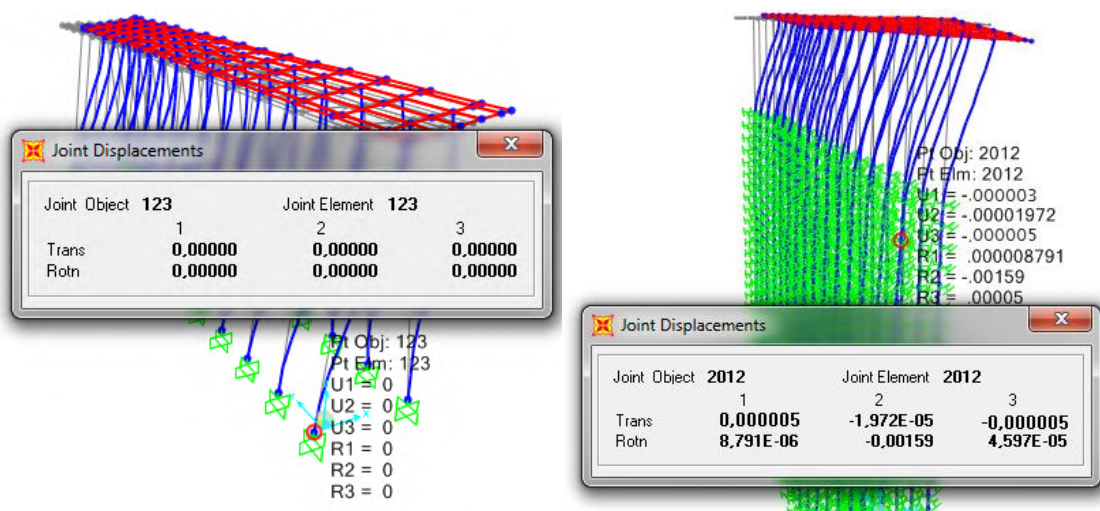


Gambar 4.13. Defleksi pada Tumpuan *Spring*.



Gambar 4.14. Detail Defleksi pada Joint 128 Tumpuan *Spring*.

Pada gambar 4.11 dapat dilihat bahwa defleksi pada joint 4 bernilai positif, hal itu menunjukkan bahwa struktur terangkat ke atas atau mengalami gaya tarik. Sedangkan pada gambar 4.13 defleksi pada joint 128 bernilai negatif karena struktur tertekan ke bawah. Saat menggunakan tumpuan jepit tiang pancang seolah-olah bersifat lentur dan terlihat mengalami pembengkokan (gambar 4.12), sedangkan saat menggunakan tumpuan *spring* tiang terlihat kaku. Pada tumpuan jepit defleksi tiang pancang bernilai nol (struktur mulai tidak berdefleksi) ketika berada pada titik jepitnya yaitu pada kedalaman 9,5 m. Sementara pada tumpuan *spring*, defleksi mulai bernilai nol ketika berada pada kedalaman 8,5 m. Haltersebut dapat dilihat pada gambar 4.15 di bawah ini.

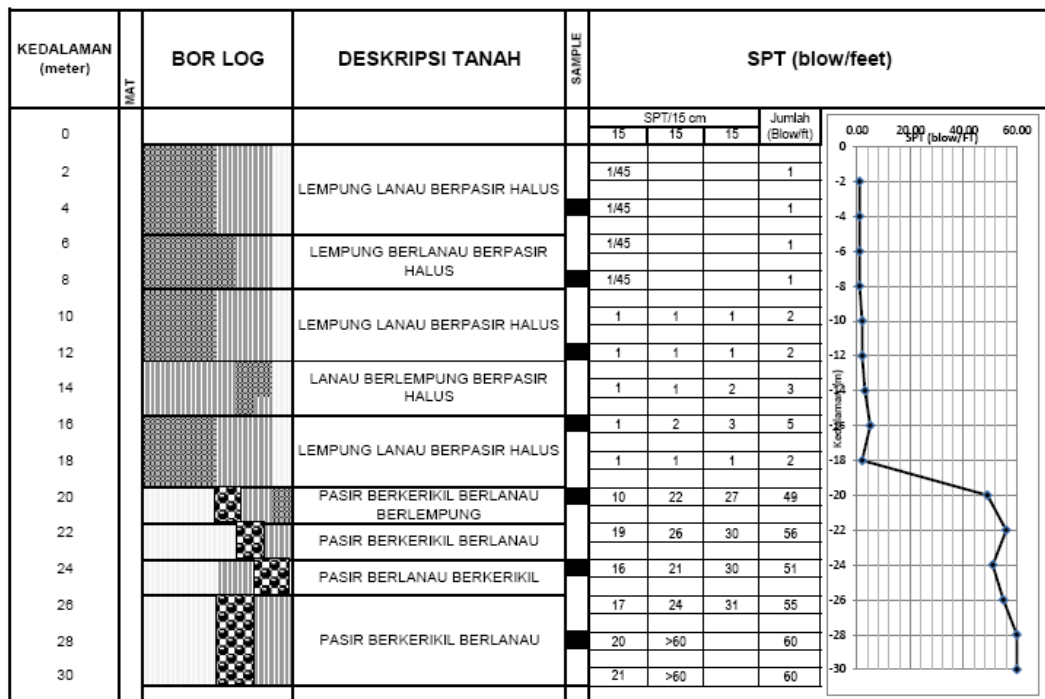


Gambar 4.15. Detail defleksi pada tumpuan jepit (pada kedalaman 9,5m atau pada joint 123) dan tumpuan *spring* (pada kedalaman 8,5m atau pada joint 2012).

Selain hal-hal yang telah disebutkan di atas, besarnya nilai gaya geser, momen, defleksi, dan tegangan juga dipengaruhi oleh besarnya gaya yang mengenainya. Semakin besar gaya maka semakin besar gaya geser, momen, defleksi, dan tegangan. Semakin kecil nilai gaya dalam pada struktur maka semakin aman struktur tersebut.

4.11.2. Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam tugas akhir ini ialah data tanah yang lang langsung diambil dari lokasi penelitian. Adapun data tanah tersebut dapat dilihat pada gambar 4.16 di bawah ini. Dari gambar tersebut terlihat bahawa tanah keras terdapat pada kedalaman 19 m.



Gambar 4.16. Data *Bor Log* Tanah Di PLTGU Grati.

4.11.3. Daya dukung aksial

Besarnya daya dukung aksial berbanding lurus dengan kedalaman penetrasi tiang pancang serta jenis tanah dasar pondasinya. Semakin dalam pondasi dan semakin besar nilai N-SPT tanah, maka daya dukung aksial maupun daya dukung lateral akan semakin besar. Adapun nilai daya dukung ijin aksial untuk daerah PLTGU Grati disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.15. Daya Dukung Ijin dengan Berbagai Diameter.

Kedalaman (m)	Daya Dukung Ijin (Qijin) untuk SF=3, dengan berbagai diameter										
	Ø 40	40x40	Ø 45	45x45	Ø 50	50x50	Ø 60	60x60	Ø 80	Ø 100	Ø 120
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	3.60	4.59	4.52	5.76	5.55	7.07	7.92	10.08	13.91	21.57	30.91
3.0	3.77	4.80	4.70	5.98	5.74	7.31	8.14	10.37	14.20	21.92	31.32
4.0	3.86	4.97	4.72	6.00	5.77	7.35	8.14	10.36	14.08	21.63	30.80
5.0	3.78	4.93	4.57	5.82	5.63	7.16	7.88	10.04	13.52	20.67	29.33
6.0	3.57	4.69	4.30	5.48	5.34	6.79	7.42	9.45	12.62	19.19	27.11
7.0	3.39	4.44	4.08	5.19	5.01	6.38	6.92	8.82	11.66	17.60	24.76
8.0	3.36	4.39	4.22	5.37	5.09	6.48	7.01	8.92	11.73	17.65	24.77
9.0	3.76	4.90	4.78	6.09	5.64	7.18	7.76	9.88	12.98	19.53	27.39
10.0	4.45	5.79	5.49	6.99	6.35	8.09	8.73	11.11	14.60	21.94	30.77
11.0	4.88	6.32	5.94	7.56	7.01	8.93	9.63	12.26	16.08	24.16	33.86
12.0	5.09	6.55	6.33	8.06	7.58	9.65	10.40	13.24	17.34	26.03	36.45
13.0	5.62	7.22	7.05	8.98	8.32	10.59	11.40	14.52	19.00	28.50	39.90
14.0	6.57	8.43	8.38	10.67	9.72	12.38	13.36	17.01	22.33	33.56	47.04
15.0	7.94	10.20	10.15	12.92	11.78	15.00	16.24	20.67	27.25	41.06	57.67
16.0	9.29	11.91	11.09	14.12	12.95	16.49	17.81	22.68	29.81	44.84	62.90
17.0	9.10	11.67	10.43	13.28	12.60	16.04	17.21	21.92	28.55	42.69	59.63
18.0	10.92	14.00	16.35	20.81	19.19	24.43	26.65	33.94	45.22	68.62	96.87
19.0	20.32	26.02	30.40	38.70	33.58	42.76	47.07	59.94	80.83	123.61	175.42
20.0	37.39	47.86	48.96	62.34	52.83	67.26	74.24	94.52	127.91	196.04	278.63
21.0	48.65	62.27	61.41	78.19	70.35	89.57	98.83	125.83	170.20	260.79	370.59
22.0	54.12	69.25	66.73	84.97	80.41	102.39	112.65	143.44	193.30	295.48	419.21
23.0	55.85	71.46	68.13	86.75	82.48	105.02	114.99	146.41	196.01	298.38	422.10
24.0	55.90	71.52	68.48	87.20	83.41	106.20	115.73	147.35	195.98	297.08	419.01
25.0	56.90	72.79	69.82	88.90	84.31	107.35	116.42	148.23	195.88	295.67	415.78
26.0	59.35	75.92	72.77	92.65	86.95	110.70	119.60	152.28	200.17	301.09	422.37
27.0	62.31	79.70	76.25	97.09	90.92	115.76	124.69	158.77	207.84	311.77	436.48
28.0	65.26	83.47	79.35	101.03	94.48	120.29	129.18	164.47	214.38	320.65	447.99
29.0	67.49	86.32	81.69	104.01	97.32	123.91	132.63	168.87	219.10	326.70	455.43
30.0	69.16	88.46	83.72	106.60	99.90	127.20	135.73	172.82	223.22	331.84	461.59

Setelah memperoleh nilai daya dukung aksial, selanjutnya yaitu menentukan kedalaman penetrasi tiang pancang. Adapun untuk menentukan kedalaman penetrasi tiang pancang, disajikan dalam tabel 4.14 dan tabel 4.15. Dalam kasus ini untuk menentukan nilai kedalaman penetrasi dari struktur tiang pancang akan membandingkan nilai *safety factor* (SF) nya. Dimana nilai SF nya harus lebih besar atau sama dengan 3. Nilai *Safety Factor* dapat diperoleh dari persamaan berikut ini :

$$SF = \frac{Q_{ult}}{P}$$

Dimana :

SF = *Safety Factor*

Q_{ult} = Daya Dukung *Ultimate*

P = Gaya Aksial

Berikut tabel penentuan kedalaman penetrasi tiang pancang dengan tumpuan jepit dan tumpuan *spring*:

Tabel 4.16. Penentuan Kedalaman Penetrasi Tiang Pancang untuk Tumpuan Jepit.

Kedalaman (m)	Daya Dukung Ijin (Q Ijin), kN	Daya Dukung <i>Ultimate</i> (Q ult), kN	P (Jepit) (kN)	SF	Keterangan SF ≥ 3
1	0	0,00	648,225	0,00	<i>tidak memenuhi</i>
2	79,2	237,60	648,225	0,37	<i>tidak memenuhi</i>
3	81,4	244,20	648,225	0,38	<i>tidak memenuhi</i>
4	81,4	244,20	648,225	0,38	<i>tidak memenuhi</i>
5	78,8	236,40	648,225	0,36	<i>tidak memenuhi</i>
6	74,2	222,60	648,225	0,34	<i>tidak memenuhi</i>
7	69,2	207,60	648,225	0,32	<i>tidak memenuhi</i>
8	70,1	210,30	648,225	0,32	<i>tidak memenuhi</i>
9	77,6	232,80	648,225	0,36	<i>tidak memenuhi</i>
10	87,3	261,90	648,225	0,40	<i>tidak memenuhi</i>
11	96,3	288,90	648,225	0,45	<i>tidak memenuhi</i>
12	104	312,00	648,225	0,48	<i>tidak memenuhi</i>
13	114	342,00	648,225	0,53	<i>tidak memenuhi</i>
14	133,6	400,80	648,225	0,62	<i>tidak memenuhi</i>
15	162,4	487,20	648,225	0,75	<i>tidak memenuhi</i>
16	178,1	534,30	648,225	0,82	<i>tidak memenuhi</i>
17	172,1	516,30	648,225	0,80	<i>tidak memenuhi</i>
18	266,5	799,50	648,225	1,23	<i>tidak memenuhi</i>
19	470,7	1412,10	648,225	2,18	<i>tidak memenuhi</i>
20	742,4	2227,20	648,225	3,44	<i>memenuhi</i>
21	988,3	2964,90	648,225	4,57	<i>memenuhi</i>
22	1126,5	3379,50	648,225	5,21	<i>memenuhi</i>
23	1149,9	3449,70	648,225	5,32	<i>memenuhi</i>
24	1157,3	3471,90	648,225	5,36	<i>memenuhi</i>
25	1164,2	3492,60	648,225	5,39	<i>memenuhi</i>
26	1196,0	3588,00	648,225	5,54	<i>memenuhi</i>
27	1246,9	3740,70	648,225	5,77	<i>memenuhi</i>
28	1291,8	3875,40	648,225	5,98	<i>memenuhi</i>
29	1326,3	3978,90	648,225	6,14	<i>memenuhi</i>
30	1357,3	4071,90	648,225	6,28	<i>memenuhi</i>

Tabel 4.17. Penentuan Kedalaman Penetrasi Tiang Pancang untuk Tumpuan
Spring.

Kedalaman (m)	Daya Dukung Ijin (Q Ijin), kN	Daya Dukung <i>Ultimate</i> (Q ult), kN	P (<i>Spring</i>) (kN)	SF	Keterangan SF ≥ 3
1	0	0,00	300,439	0,00	<i>tidak memenuhi</i>
2	79,2	237,60	300,439	0,79	<i>tidak memenuhi</i>
3	81,4	244,20	300,439	0,81	<i>tidak memenuhi</i>
4	81,4	244,20	300,439	0,81	<i>tidak memenuhi</i>
5	78,8	236,40	300,439	0,79	<i>tidak memenuhi</i>
6	74,2	222,60	300,439	0,74	<i>tidak memenuhi</i>
7	69,2	207,60	300,439	0,69	<i>tidak memenuhi</i>
8	70,1	210,30	300,439	0,70	<i>tidak memenuhi</i>
9	77,6	232,80	300,439	0,77	<i>tidak memenuhi</i>
10	87,3	261,90	300,439	0,87	<i>tidak memenuhi</i>
11	96,3	288,90	300,439	0,96	<i>tidak memenuhi</i>
12	104	312,00	300,439	1,04	<i>tidak memenuhi</i>
13	114	342,00	300,439	1,14	<i>tidak memenuhi</i>
14	133,6	400,80	300,439	1,33	<i>tidak memenuhi</i>
15	162,4	487,20	300,439	1,62	<i>tidak memenuhi</i>
16	178,1	534,30	300,439	1,78	<i>tidak memenuhi</i>
17	172,1	516,30	300,439	1,72	<i>tidak memenuhi</i>
18	266,5	799,50	300,439	2,66	<i>tidak memenuhi</i>
19	470,7	1412,10	300,439	4,70	<i>memenuhi</i>
20	742,4	2227,20	300,439	7,41	<i>memenuhi</i>
21	988,3	2964,90	300,439	9,87	<i>memenuhi</i>
22	1126,5	3379,50	300,439	11,25	<i>memenuhi</i>
23	1149,9	3449,70	300,439	11,48	<i>memenuhi</i>
24	1157,3	3471,90	300,439	11,56	<i>memenuhi</i>
25	1164,2	3492,60	300,439	11,62	<i>memenuhi</i>
26	1196	3588,00	300,439	11,94	<i>memenuhi</i>
27	1246,9	3740,70	300,439	12,45	<i>memenuhi</i>
28	1291,8	3875,40	300,439	12,90	<i>memenuhi</i>
29	1326,3	3978,90	300,439	13,24	<i>memenuhi</i>
30	1357,3	4071,90	300,439	13,55	<i>memenuhi</i>

Dari tabel 4.16 dan 4.17 di atas dapat diketahui bahwa kedalaman penetrasi tiang pancang dengan tumpuan jepit yang memenuhi ketika terjadi beban sebesar 648,225 kN yaitu pada kedalaman ≥ 20 m. Sehingga, panjang tiang pancang yang dibutuhkan yaitu $\geq 26,5$ m (panjang minimal tiang pancang yang digunakan agar struktur aman yaitu = 26,5 m). Sedangkan kedalaman penetrasi tiang pancang dengan tumpuan *spring* yang memenuhi ketika terjadi beban sebesar 300,439 kN yaitu pada kedalaman ≥ 19 m. Dan panjang tiang pancang yang dibutuhkan yaitu $\geq 25,5$ m (panjang minimal tiang pancang yang digunakan agar struktur aman yaitu = 25,5 m). Dengan asumsi panjang yang telah disebutkan maka tipe tumpuan yang cocok digunakan pada struktur perpanjangan *jetty* di PLTGU Grati yaitu tipe tumpuan *spring*. Dimana tumpuan *spring* lebih hemat 1 meter atau sekitar 3,77% dibandingkan dengan tumpuan jepit.

LAMPIRAN A
SPESIFIKASI *SHEET PILE*

Tabel 1. Spesifikasi *Sheet Pile*

LARSEN rolled-up and rolled-down sections

		Section modulus		Weight		Second moment of inertia	Back thickness	Web thickness	Wall height	Section width
		$W_f^{1)}$ cm ³ /m Wall	cm ³ / Single pile	kg/m ² Wall	kg/m Single pile	I_y cm ⁴ /m Wall	t mm	s mm	h mm	b mm
LARSEN sections	Rolled-down sections -									
LARSEN 755	- 0.5	1920	573	124	93.0	43200	11.2	9.7	450	750
LARSEN 703	- 0.5	1150	408	93	65.1	23000	9.0	7.7	400	700
LARSEN 703 K										
LARSEN 703 10/10 ¹⁾										
LARSEN 704	- 0.5	1530	523	111.4	78.0	33660	9.7	9.2	440	700
LARSEN 600	- 0.5	480	124	90.0	53.4	3600	9.0	9.1	150	600
LARSEN 600 K										
LARSEN 601										
LARSEN 602	- 0.5	790	254	85.5	51.3	12245	7.7	7.6	310	600
LARSEN 603	- 0.5	1150	320	104.5	62.7	17825	9.2	7.9	310	600
LARSEN 603 K	- 0.5	1190	335	109.5	65.7	18445	9.5	8.7	310	600
LARSEN 603 10/10 ¹⁾										
LARSEN 604 n	- 0.5	1540	415	119.5	71.7	29260	9.5	8.8	380	600
LARSEN 605	- 0.5	1950	515	135.5	81.3	40950	12.0	8.8	420	600
LARSEN 605 K										
LARSEN 606 n	- 0.5	2410	585	153.7	92.2	52420	13.9	9.0	435	600
LARSEN 607 n	- 0.5	3130	671	186.5	111.9	70740	18.5	10.4	452	600
LARSEN 22 10/10 ¹⁾										
LARSEN 23	- 0.5	1930	539	151.6	75.8	40530	11.0	9.8	420	500
LARSEN 24	- 0.5	2440	542	171.6	85.8	51240	15.1	9.8	420	500
LARSEN 24/12										
LARSEN 25	- 0.5	2980	625	202.6	101.3	62580	19.5	11.3	420	500
LARSEN 43										
LARSEN 430										
	Rolled-up sections +									
LARSEN 755	+ 0.5	2060	586	131.5	98.6	46350	12.2	10.3	450	750
LARSEN 703	+ 0.5	1270	433	100.0	70.0	25400	10.0	8.3	400	700
LARSEN 703 K										
LARSEN 703 10/10 ¹⁾										
LARSEN 704	+ 0.5	1670	548	118.6	83.0	36740	10.7	9.8	440	700
LARSEN 600	+ 0.5	540	132	99.0	59.4	4050	10.0	9.9	150	600
LARSEN 600 K										
LARSEN 601	+ 0.5	790	246	81.8	49.1	12245	8.0	6.8	310	600
LARSEN 602	+ 0.5	880	264	92.5	55.5	13640	8.7	8.4	310	600
LARSEN 603	+ 0.5	1250	340	111.5	66.9	19375	10.2	8.5	310	600
LARSEN 603 K	+ 0.5	1290	343	116.5	69.9	19995	10.5	9.3	310	600
LARSEN 603 10/10 ¹⁾										
LARSEN 604 n	+ 0.5	1667	421	126.5	75.9	31675	10.5	9.2	380	600
LARSEN 605	+ 0.5	2090	525	142.5	85.5	43890	13.0	9.2	420	600
LARSEN 605 K										
LARSEN 606 n	+ 0.5	2570	610	160.5	96.3	55900	14.9	9.4	435	600
LARSEN 607 n	+ 0.5	3270	681	193.5	116.1	73900	19.5	10.8	452	600
LARSEN 22 10/10 ¹⁾										
LARSEN 23	+ 0.5	2070	551	158.6	79.3	43470	12.0	10.2	420	500
LARSEN 24	+ 0.5	2560	581	178.6	89.3	53760	16.1	10.2	420	500
LARSEN 24/12										
LARSEN 25	+ 0.5	3100	626	208.6	104.8	65100	20.5	11.7	420	500
LARSEN 43										
LARSEN 430										

Footnotes as for LARSEN sections.

(sumber : *sheet piling handbook design*, 2008)

LAMPIRAN B
SPESIFIKASI TIANG PANCANG

PC PILES



DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

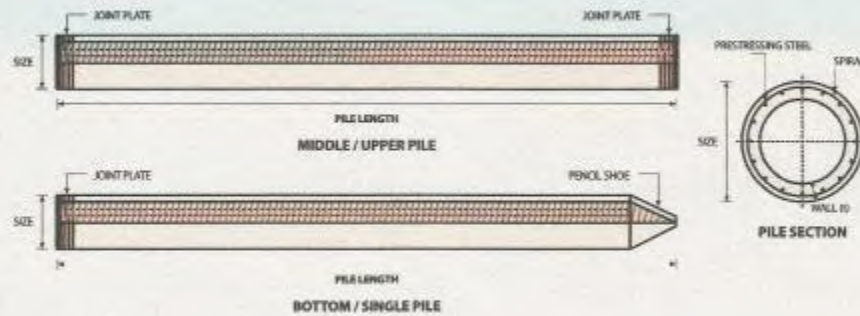
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 - 2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

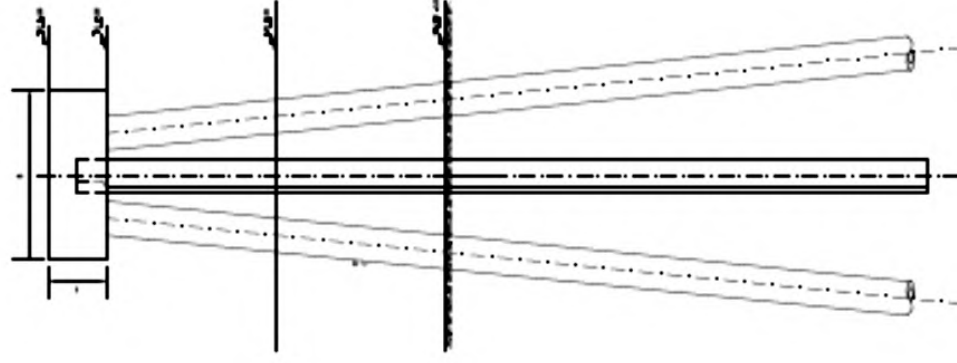
Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile *** (m)
						Crack *	Ultimate			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
					A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
350	65	581.98	62,162.74	145	A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
					A1	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
400	75	765.76	106,488.95	191	A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
					A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
450	80	929.91	166,570.38	232	A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
					A1	29.00	40.00	415.00	119.34	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
					A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24

LAMPIRAN C

LAYOUT STRUKTUR

Tampak Depan



Tugas Akhir

Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Scale 1 : 200

nama : Cahya Anggraeni Simanungkalit

id : 4011700024

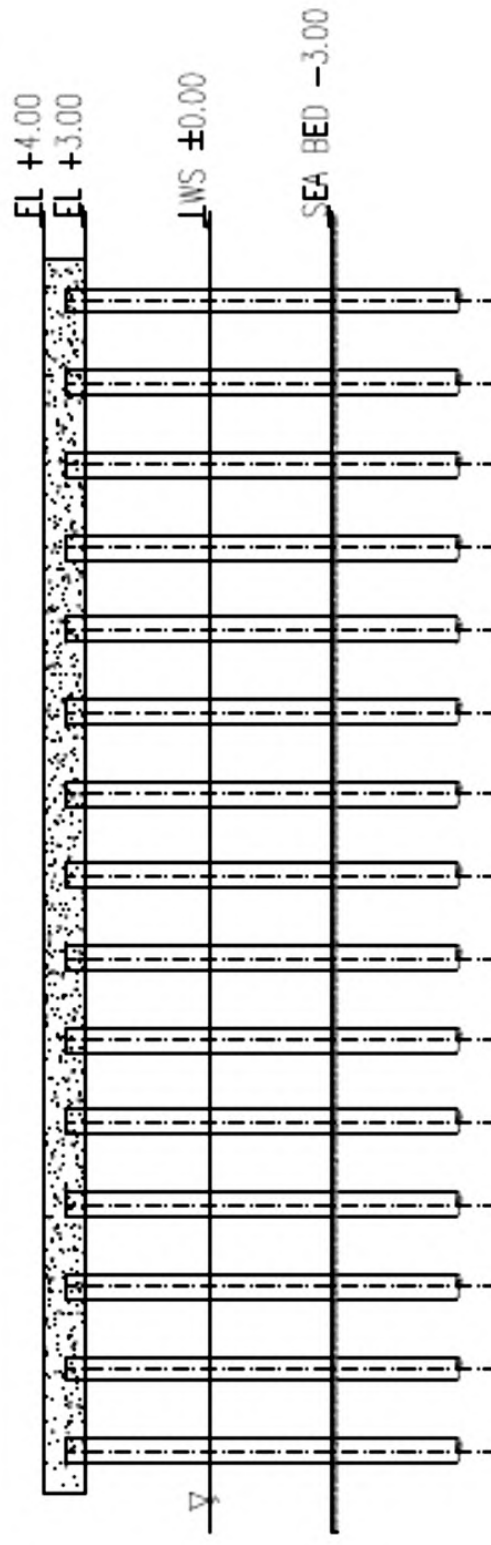
JETTY PLTGU GRABIT

Desain Tata

Tampak Depan

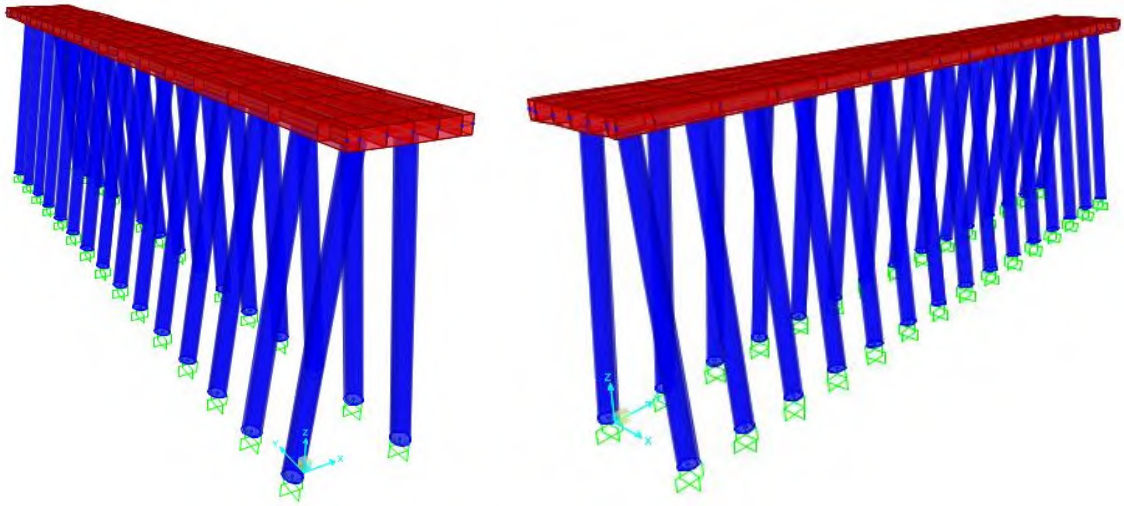
Signatur

Tampak Samping

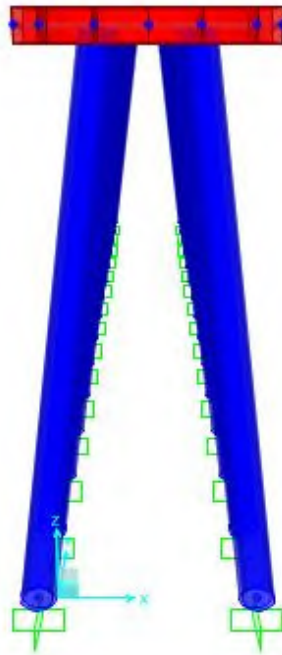


Tugas Akhir	
Jurusan Teknik Kelautan - Fakultas Teknik dan Ilmu Bahasa dan Sastra - Universitas Indonesia	
Skala : 1 : 200	Desain : 1 : 200
JITTY PLOU QUART	
Tampak Samping	

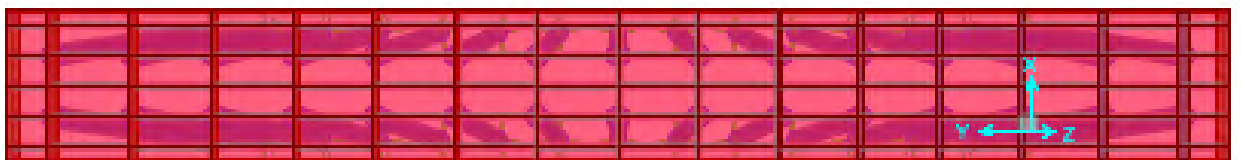
LAMPIRAN D
GAMBAR PEMODELAN KOMPUTER



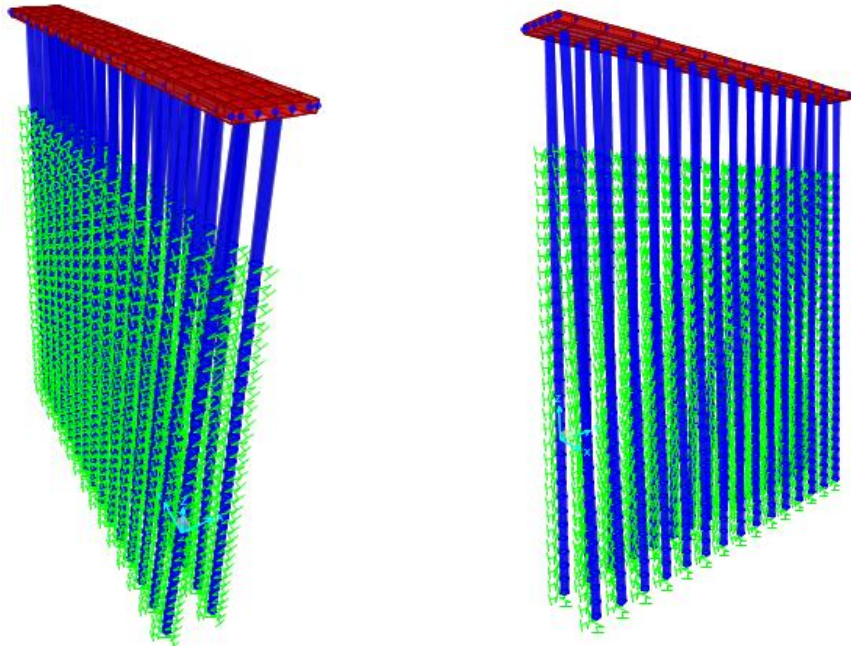
Gambar 1. Pemodelan Jetty dengan Tumpuan Jepit Tampak Samping



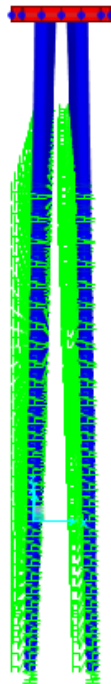
Gambar 2. Pemodelan Jetty dengan Tumpuan Jepit Tampak Depan



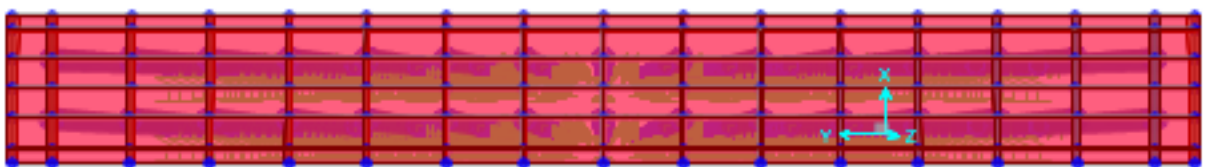
Gambar 3. Pemodelan Jetty dengan Tumpuan Jepit Tampak Atas



Gambar 4. Pemodelan Jetty dengan Tumpuan *Spring* Tampak Samping



Gambar 5. Pemodelan Jetty dengan Tumpuan *Spring* Tampak Depan



Gambar 6. Pemodelan Jetty dengan Tumpuan *Spring* Tampak Atas

LAMPIRAN E
OUTPUT PEMODELAN TIANG PANCANG

Tabel 2. *Output Joint Reaction* Tumpuan Jepit

TABLE:JointReactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
123	UDCON1	Combination	-25,193	-0,923	163,598	2,872	-165,062	-0,485
124	UDCON1	Combination	-100,718	-0,963	648,225	2,993	-133,285	0,503
125	UDCON1	Combination	-29,518	-0,027	127,937	0,078	-165,646	-0,016
126	UDCON1	Combination	-97,361	0,023	617,711	-0,076	-133,866	-0,015
127	UDCON1	Combination	-28,634	0,108	135,332	-0,342	-165,563	0,056
128	UDCON1	Combination	-98,257	0,073	625,508	-0,231	-133,837	-0,012
129	UDCON1	Combination	-27,955	0,023	141,423	-0,031	-165,649	0,010
130	UDCON1	Combination	-98,823	0,012	630,672	-0,119	-133,732	-0,024
131	UDCON1	Combination	-27,871	0,006	142,265	-0,022	-165,692	0,003
132	UDCON1	Combination	-98,952	-0,004	631,715	0,010	-133,754	0,002
133	UDCON1	Combination	-27,884	-0,005	142,083	0,012	-165,667	-0,004
134	UDCON1	Combination	-98,893	0,000	631,276	0,000	-133,728	-0,002
135	UDCON1	Combination	-27,919	0,001	141,823	-0,004	-165,682	0,000
136	UDCON1	Combination	-98,882	-0,002	631,121	0,005	-133,752	0,001
137	UDCON1	Combination	-27,911	0,000	141,847	0,000	-165,665	0,000
138	UDCON1	Combination	-98,866	0,000	631,029	0,000	-133,733	0,000
139	UDCON1	Combination	-27,919	-0,001	141,823	0,004	-165,682	0,000
140	UDCON1	Combination	-98,882	0,002	631,121	-0,005	-133,752	-0,001
141	UDCON1	Combination	-27,884	0,005	142,083	-0,012	-165,667	0,004
142	UDCON1	Combination	-98,893	0,000	631,276	0,000	-133,728	0,002
143	UDCON1	Combination	-27,871	-0,006	142,265	0,022	-165,692	-0,003
144	UDCON1	Combination	-98,952	0,004	631,715	-0,010	-133,754	-0,002
145	UDCON1	Combination	-27,955	-0,023	141,423	0,077	-165,649	-0,010
146	UDCON1	Combination	-98,823	-0,012	630,672	0,119	-133,732	0,024
147	UDCON1	Combination	-28,634	-0,108	135,332	0,342	-165,563	-0,056
148	UDCON1	Combination	-98,257	-0,073	625,508	0,231	-133,837	0,012
149	UDCON1	Combination	-29,518	0,027	127,937	-0,018	-165,646	0,016
150	UDCON1	Combination	-97,361	-0,023	617,711	0,076	-133,866	0,015
151	UDCON1	Combination	-25,193	0,923	163,598	-2,872	-165,062	0,485
152	UDCON1	Combination	-100,718	0,963	648,225	-2,993	-133,285	-0,503

Tabel 3. *Output Joint Displacements* Tumpuan Jepit

TABLE: Joint Displacements								
Joint	Output Case	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	UDCON1	Combination	0,332	0,000	-0,021	0,004	-0,031	0,000
2	UDCON1	Combination	0,332	0,000	-0,017	0,004	-0,032	0,000
3	UDCON1	Combination	0,332	0,000	0,000	0,005	-0,029	0,000
4	UDCON1	Combination	0,332	0,000	0,032	0,003	-0,027	0,000
5	UDCON1	Combination	0,332	0,000	-0,017	0,003	-0,032	0,000
6	UDCON1	Combination	0,332	0,000	-0,019	0,003	-0,033	0,000
7	UDCON1	Combination	0,332	0,000	0,025	0,003	-0,027	0,000
8	UDCON1	Combination	0,332	0,000	-0,016	0,000	-0,032	0,000
9	UDCON1	Combination	0,332	0,000	-0,011	0,000	-0,031	0,000
10	UDCON1	Combination	0,332	0,000	0,007	0,000	-0,028	0,000
11	UDCON1	Combination	0,332	-4,7E-05	0,027	0,000	-0,027	0,000
12	UDCON1	Combination	0,332	-4,1E-05	-0,025	0,000	-0,032	0,000
13	UDCON1	Combination	0,332	-3,5E-05	-0,017	0,000	-0,032	0,000
14	UDCON1	Combination	0,332	-2,9E-05	0,027	0,000	-0,027	0,000
15	UDCON1	Combination	0,332	-3,4E-05	-0,031	0,000	-0,032	0,000
16	UDCON1	Combination	0,332	-3,1E-05	-0,031	0,000	-0,031	0,000
17	UDCON1	Combination	0,332	-2,5E-05	0,006	0,000	-0,028	0,000
18	UDCON1	Combination	0,332	-2,1E-05	0,030	0,000	-0,027	0,000
19	UDCON1	Combination	0,332	-2,6E-05	-0,031	0,000	-0,032	0,000
20	UDCON1	Combination	0,332	-2,1E-05	-0,018	0,000	-0,032	0,000
21	UDCON1	Combination	0,332	-1,6E-05	0,026	0,000	-0,027	0,000
22	UDCON1	Combination	0,332	-1,9E-05	-0,031	0,000	-0,032	0,000
23	UDCON1	Combination	0,332	-1,6E-05	-0,012	0,000	-0,031	0,000
24	UDCON1	Combination	0,332	-1,2E-05	0,006	0,000	-0,028	0,000
25	UDCON1	Combination	0,332	-9,3E-06	0,013	0,000	-0,027	0,000
26	UDCON1	Combination	0,332	-9,0E-06	-0,032	0,000	-0,032	0,000
27	UDCON1	Combination	0,332	-7,0E-06	-0,018	0,000	-0,032	0,000
28	UDCON1	Combination	0,332	-5,0E-06	0,027	0,000	-0,027	0,000
29	UDCON1	Combination	0,332	9,3E-13	-0,031	0,000	-0,032	0,000
30	UDCON1	Combination	0,332	9,8E-13	-0,012	0,000	-0,031	0,000
31	UDCON1	Combination	0,332	1,0E-12	0,006	0,000	-0,028	0,000
33	UDCON1	Combination	0,332	1,1E-12	0,013	0,000	-0,027	0,000
34	UDCON1	Combination	0,332	9,0E-06	-0,016	0,000	-0,032	0,000
35	UDCON1	Combination	0,332	7,0E-06	-0,018	0,000	-0,032	0,000
36	UDCON1	Combination	0,332	5,0E-06	0,027	0,000	-0,027	0,000
37	UDCON1	Combination	0,332	1,9E-05	-0,032	0,000	-0,032	0,000
38	UDCON1	Combination	0,332	1,6E-05	-0,012	0,000	-0,031	0,000
39	UDCON1	Combination	0,332	1,2E-05	0,006	0,000	-0,028	0,000

Tabel 4. Element Force Reaction Tumpuan Jepit

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	S11Max	S11Min
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN/m2	KN/m2
1	UDCON1	Combination	-12,103	26,763	-0,923	10063,38	-10217,48
2	UDCON1	Combination	-507,996	-42,57	0,963	8058,29	-14526,3
3	UDCON1	Combination	23,818	26,957	-0,027	10366,87	-10523,60
3	UDCON1	Combination	-49,937	35,497	-0,027	1122,51	-1758,33
3	UDCON1	Combination	-123,693	44,037	-0,027	8946,7	-10521,6
4	UDCON1	Combination	-477,298	-42,746	-0,023	8318,21	-14395,37
5	UDCON1	Combination	16,371	26,93	0,108	10308,77	-10100,33
6	UDCON1	Combination	-485,147	-42,739	-0,073	8266,15	-14443,24
7	UDCON1	Combination	10,242	26,955	0,023	10279,25	-10148,84
8	UDCON1	Combination	-490,342	-42,707	-0,012	8221,47	-14464,69
9	UDCON1	Combination	9,396	26,969	0,006243	10279,06	-10159,43
10	UDCON1	Combination	-491,392	-42,715	0,003973	8217,71	-14474,31
11	UDCON1	Combination	9,579	26,962	-0,00459	10277,42	-10155,47
12	UDCON1	Combination	-490,95	-42,707	0,000348	8217,43	-14468,4
13	UDCON1	Combination	9,84	26,966	0,00082	10280,95	-10155,66
14	UDCON1	Combination	-490,795	-42,714	0,00167	8221,34	-14470,34
15	UDCON1	Combination	9,816	26,961	-7,1E-11	10278,85	-10153,86
16	UDCON1	Combination	-490,701	-42,708	7,71E-11	8219,71	-14467,52
17	UDCON1	Combination	9,84	26,966	-0,00082	10280,95	-10155,66
18	UDCON1	Combination	-490,795	-42,714	-0,00167	8221,34	-14470,34
19	UDCON1	Combination	9,579	26,962	0,004585	10277,42	-10155,47
20	UDCON1	Combination	-490,95	-42,707	-0,00035	8217,43	-14468,4
21	UDCON1	Combination	9,396	26,969	-0,00624	10279,06	-10159,43
22	UDCON1	Combination	-491,392	-42,715	-0,00397	8217,71	-14474,31
23	UDCON1	Combination	10,242	26,955	-0,023	10279,25	-10148,84
24	UDCON1	Combination	-490,342	-42,707	0,012	8221,47	-14464,69
25	UDCON1	Combination	16,371	26,93	-0,108	10308,77	-10100,33
26	UDCON1	Combination	-485,147	-42,739	0,073	8266,15	-14443,24
27	UDCON1	Combination	23,818	26,957	0,027	10366,87	-10063,61
28	UDCON1	Combination	-477,298	-42,746	0,023	8318,21	-14395,37
29	UDCON1	Combination	-12,103	26,763	0,923	10063,38	-10217,48
30	UDCON1	Combination	-507,996	-42,57	-0,963	8058,29	-14526,3

Tabel 5. Output Joint Reaction Tumpuan Spring

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	UDCON1	Combination	-0,492	-2,4E-11	-9,143	0	0	0
2	UDCON1	Combination	-38,794	1,9E-11	1197,835	0	0	0
180	UDCON1	Combination	-0,746	-2,0E-11	-19,536	0	0	0
181	UDCON1	Combination	-38,975	2,1E-11	1205,212	0	0	0
240	UDCON1	Combination	-0,931	-2,0E-11	-27,115	0	0	0
241	UDCON1	Combination	-39,25	2,2E-11	1216,465	0	0	0
300	UDCON1	Combination	-1,139	-1,9E-11	-35,615	0	0	0
301	UDCON1	Combination	-39,539	2,1E-11	1228,291	0	0	0
360	UDCON1	Combination	-1,365	-1,9E-11	-44,873	0	0	0
361	UDCON1	Combination	-39,805	2,0E-11	1239,184	0	0	0
420	UDCON1	Combination	-1,604	-1,9E-11	-54,63	0	0	0
421	UDCON1	Combination	-40,056	1,9E-11	1249,448	0	0	0
480	UDCON1	Combination	-1,839	-1,8E-11	-64,238	0	0	0
481	UDCON1	Combination	-40,293	1,8E-11	1259,144	0	0	0
540	UDCON1	Combination	-2,069	-1,7E-11	-73,639	0	0	0
541	UDCON1	Combination	-40,521	1,7E-11	1268,457	0	0	0
600	UDCON1	Combination	-2,292	-1,7E-11	-82,765	0	0	0
601	UDCON1	Combination	-40,732	1,6E-11	1277,076	0	0	0
660	UDCON1	Combination	-2,52	-1,7E-11	-92,093	0	0	0
661	UDCON1	Combination	-40,92	1,5E-11	1284,769	0	0	0
720	UDCON1	Combination	-2,75	-1,6E-11	-101,524	0	0	0
721	UDCON1	Combination	-41,069	1,4E-11	1290,873	0	0	0
780	UDCON1	Combination	-2,974	-1,6E-11	-110,683	0	0	0
781	UDCON1	Combination	-41,203	1,5E-11	1296,359	0	0	0
840	UDCON1	Combination	-3,075	-1,1E-11	-114,807	0	0	0
841	UDCON1	Combination	-41,378	1,6E-11	1303,499	0	0	0
900	UDCON1	Combination	-2,803	-2,2E-12	-103,694	0	0	0
901	UDCON1	Combination	-41,76	2,5E-11	1319,149	0	0	0
2002	UDCON1	Combination	0,005	-3,0E-11	12,418	0	0	0
2003	UDCON1	Combination	-38,922	7,6E-12	1203,037	0	0	0

Tabel 6. Output Joint Displacements Tumpuan Spring

TABLE: Joint Displacements								
Joint	Output Case	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
123	UDCON1	Combination	2,45	0,03	-0,071	0,0067	0,2691	-0,0196
124	UDCON1	Combination	2,45	0,01	0,028	0,0040	0,2660	-0,0197
125	UDCON1	Combination	2,45	0,00	0,019	0,0055	0,2662	-0,0198
126	UDCON1	Combination	2,45	-0,01	-0,136	0,0069	0,2677	-0,0196
127	UDCON1	Combination	2,45	-0,03	-0,121	0,0033	0,2720	-0,0197
128	UDCON1	Combination	2,45	-0,04	-0,150	0,0036	0,2721	-0,0196
129	UDCON1	Combination	5,4E-05	3,6E-07	-0,061	-0,0006	0,0000	-0,0196
130	UDCON1	Combination	1,4E-05	-9,4E-08	-0,007	-0,0006	0,0000	-0,0196
131	UDCON1	Combination	1,6E-05	-8,8E-08	0,003	-0,0006	-0,0001	-0,0196
132	UDCON1	Combination	2,2E-05	-2,8E-08	0,019	-0,0006	-0,0001	-0,0196
133	UDCON1	Combination	2,4E-05	-1,1E-09	-0,011	-0,0006	-0,0001	-0,0196
134	UDCON1	Combination	2,4E-05	3,1E-09	-0,021	-0,0006	-0,0001	-0,0196
135	UDCON1	Combination	2,4E-05	1,5E-09	-0,041	-0,0006	0,0000	-0,0196
136	UDCON1	Combination	2,4E-05	2,9E-10	-0,062	-0,0006	0,0000	-0,0196
137	UDCON1	Combination	2,4E-05	-6,6E-11	-0,071	-0,0006	0,0000	-0,0196
138	UDCON1	Combination	2,3E-05	-6,6E-11	0,029	-0,0006	0,0000	-0,0196
139	UDCON1	Combination	2,4E-05	-2,1E-11	0,020	-0,0006	0,0000	-0,0196
140	UDCON1	Combination	3,2E-05	-3,3E-13	-0,010	-0,0006	0,0000	-0,0196
141	UDCON1	Combination	5,4E-05	4,4E-12	-0,021	-0,0006	0,0000	-0,0196
142	UDCON1	Combination	6,6E-05	3,2E-12	-0,041	-0,0006	0,0000	-0,0196
143	UDCON1	Combination	6,9E-05	1,2E-12	-0,062	-0,0006	0,0000	-0,0196
144	UDCON1	Combination	6,9E-05	1,9E-13	-0,072	-0,0006	0,0000	-0,0196
145	UDCON1	Combination	7,0E-05	-1,3E-13	0,130	-0,0006	0,0000	-0,0196
146	UDCON1	Combination	7,0E-05	-1,3E-13	0,120	-0,0006	0,0000	-0,0196
147	UDCON1	Combination	6,8E-05	-6,5E-14	-0,108	-0,0006	0,0000	-0,0196
148	UDCON1	Combination	6,3E-05	-1,6E-14	-0,002	-0,0006	0,0000	-0,0196
149	UDCON1	Combination	6,2E-05	2,1E-15	-0,042	-0,0006	0,0000	-0,0196
150	UDCON1	Combination	6,2E-05	4,8E-15	-0,063	-0,0006	0,0000	-0,0196
151	UDCON1	Combination	3,7E-02	-3,5E-04	-0,073	0,0017	0,1235	-0,0196
152	UDCON1	Combination	-1,4E-02	1,1E-04	0,130	0,0008	0,0226	-0,0196
153	UDCON1	Combination	-1,1E-02	9,3E-05	0,021	0,0006	-0,0058	-0,0196
154	UDCON1	Combination	-3,1E-03	2,8E-05	-0,006	0,0006	-0,0057	-0,0196
155	UDCON1	Combination	-3,8E-05	5,6E-07	-0,021	0,0006	-0,0019	-0,0196
156	UDCON1	Combination	3,7E-04	-3,3E-06	-0,042	0,0006	-0,0003	-0,0196
157	UDCON1	Combination	1,6E-04	-1,6E-06	-0,063	0,0006	0,0000	-0,0196
158	UDCON1	Combination	5,6E-06	-2,8E-07	-0,073	0,0006	-0,0001	-0,0196
159	UDCON1	Combination	-3,4E-05	7,7E-08	0,037	0,0006	-0,0002	-0,0196
160	UDCON1	Combination	-3,2E-05	7,0E-08	0,031	0,0006	-0,0002	-0,0196
161	UDCON1	Combination	-2,7E-05	2,1E-08	0,021	0,0006	-0,0002	-0,0196

Tabel 7. Output Element Force Tumpuan Spring

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	S11Max	S11Min
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN/m2	KN/m2
32	UDCON1	Combination	-615,253	-0,333	0,46	-6074,75	-8916,65
33	UDCON1	Combination	375,075	-0,068	-0,087	-6077,7	-9135,46
34	UDCON1	Combination	-638,01	-0,301	-0,098	-6835,65	-8575,51
35	UDCON1	Combination	369,895	-0,067	-0,033	-7607,68	-7998,34
36	UDCON1	Combination	-660,768	-0,3	-0,002161	-7878,26	-7924,28
37	UDCON1	Combination	364,713	-0,121	0,003247	-7965,66	-8034,54
38	UDCON1	Combination	-683,533	-0,538	0,001735	-8087,53	-8110,63
39	UDCON1	Combination	359,533	-0,081	0,000362	-8197,86	-8198,25
40	UDCON1	Combination	-706,285	-0,347	-0,00006015	-8294,47	-8299,54
41	UDCON1	Combination	354,353	-0,07	-0,00007344	-8393,87	-8398,03
42	UDCON1	Combination	-729,041	-0,261	-0,00002525	-8493,33	-8496,46
43	UDCON1	Combination	349,171	-0,091	-1,907E-06	-8592,47	-8595,2
44	UDCON1	Combination	-751,799	-0,268	0,000002383	-8691,48	-8694,07
45	UDCON1	Combination	343,99	-0,11	0,000001314	-8790,38	-8793,06
46	UDCON1	Combination	-774,557	-0,285	2,824E-07	-8888,73	-8892,59
47	UDCON1	Combination	338,81	-0,083	-4,211E-08	-8985,89	-8993,32
48	UDCON1	Combination	-797,317	-0,348	-4,478E-08	-9083,11	-9094,05
49	UDCON1	Combination	333,633	0,035	-2,238E-08	-9185,2	-9189,79
50	UDCON1	Combination	-820,086	-0,698	-6,414E-09	-9284,33	-9288,52
51	UDCON1	Combination	328,461	0,312	7,147E-10	-9382,77	-9387,95
52	UDCON1	Combination	-842,868	-1,503	1,785E-09	-9475,21	-9493,39
53	UDCON1	Combination	323,293	0,707	1,08E-09	-9566,81	-9599,72
54	UDCON1	Combination	-865,665	-2,794	3,77E-10	-9665,48	-9699,18
55	UDCON1	Combination	318,107	0,546	3,719E-11	-9763,29	-9799,8
56	UDCON1	Combination	-888,409	-2,318	-6,283E-11	-9745,27	-10016,54
57	UDCON1	Combination	312,85	-1,947	-4,891E-11	-9600	-10359,37
58	UDCON1	Combination	-910,931	5,397	-1,872E-11	-9500,72	-10651,44
59	UDCON1	Combination	-693,789	80,647	-2,378	27790,2	-41098,57
60	UDCON1	Combination	-620,367	-171,372	-3,394	38186,48	-30868,54
61	UDCON1	Combination	-704,817	189,298	4,658	51926,19	-46148,84
62	UDCON1	Combination	-641,871	-130,35	2,429	20126,15	-14441,23
63	UDCON1	Combination	-714,679	36,083	0,493	4252,62	1319,05
64	UDCON1	Combination	-661,769	-36,769	-0,091	4258,39	1139,87
65	UDCON1	Combination	-721,211	-8,153	-0,104	3487,78	1712,72
66	UDCON1	Combination	-683,404	-0,013	-0,035	2697,17	2302,35
67	UDCON1	Combination	-726,398	-8,347	-0,002381	2426,38	2373,86
68	UDCON1	Combination	-706,025	4,479	0,003423	2339,15	2262,96
69	UDCON1	Combination	-731,408	-2,755	0,001842	2216,85	2187,45
70	UDCON1	Combination	-728,865	1,777	0,0003875	2105,91	2100,57

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan diatas, maka kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini antara lain :

1. Nilai gaya aksial, gaya geser, momen, defleksi, tegangan maksimum dan tegangan minimum tiang pancang dengan tumpuan jepit lebih besar dibandingkan hasil *output* tiang pancang dengan tumpuan *spring* saat terkena beban kombinasi. Selilih masing-masing *output* tersebut yaitu 347,786 kN untuk gaya aksial, 11,948 kN untuk gaya geser, 8,167 kN.m untuk momen, 0,010 m untuk defleksi, dan 2642,680 kN/m² untuk tegangan maksimum, serta -1619,220 kN/m² untuk tegangan minimum. Hal tersebut terjadi karena tumpuan *spring* memiliki sifat seperti kondisi aslinya dan memiliki sifat daktail. Yaitu kemampuan suatu sistem struktur dalam berdeformasi *inelastic* tanpa kehilangan kekuatan yang berarti atau kemampuan suatu struktur untuk kembali ke bentuk semula sehingga memungkinkan terjadinya penyerapan energi.
2. Tipe tumpuan tiang pancang yang cocok digunakan untuk struktur perpanjangan *jetty* yaitu tipe tumpuan *spring* karena memiliki nilai gaya aksial, gaya geser, momen, defleksi, tegangan maksimum dan tegangan minimum lebih kecil dibandingkan tiang pancang dengan tumpuan jepit. Selain itu tiang pancang dengan tumpuan *spring* di nilai lebih hemat karena panjang tiang pancang yang dibutuhkan untuk *jetty* dengan tumpuan *spring* adalah 25,5 m sedangkan jika menggunakan tumpuan jepit membutuhkan panjang 26,5 m. Dengan asumsi panjang tersebut, tumpuan *spring* dapat mereduksi harga sekitar 3,77% dibandingkan dengan menggunakan tumpuan jepit.

5.2. Saran

Untuk mencapai hasil yang lebih baik dimasa mendatang utamanya untuk perkembangan lebih lanjut maka ada beberapa saran :

1. Perlu adanya bimbingan khusus dalam menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk mendapat hasil yang realistik.

2. Perlu dilakukan perhitungan penulangan untuk *pile cap* dan tiang pancang agar hasilnya lebih sempurna.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai perilaku pegas *non linear*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institut (ACI). 1995. *Building Code Requirements for Structure Concete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318R-95)*. ACI Committe : Washington, D.C.
- Atikasari, Titis J. 2016. *Studi Modifikasi Jetty Sebagai Alternatif Penanganan Sedimentasi di Kanal Water Intake PLTGU Grati*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis And Design Fifth Edition*. The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Dermerianne HA, dkk. 2013. “ Analisis Laju Sedimentasi di Kanal *Cooling Intake* PLTGU Grati (PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Perak-Grati)”. *Seminar Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan*. Halaman X1-X7.
- Goda, Yorshima. 1999. *Random Seas and Design of Maritime Structure (2nd Edition)*. World Scientific Publishing : Yosuka, Japan.
- Goda, Tabata, Yamato. 2002. *Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan : Japan.
- Grabe, Jurgen. 2008. *Sheet Piling Handbook Design*. Thyssen Krupp Gft Bautechnik : Hamburg.
- Hardiyatmo, Hary C. 2006. *Teknik Fondasi 2 Edisi ke-4*. PT. Gramedia : Jakarta.
- Priantoro D, dkk. 2012. “Sedimentation Evaluation at Water Intake Gate of Grati PLTGU Jetty Blockade”. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Vololume 2. Issue 12. Halaman 34-48.
- Putri, Puspa DM. 2016. *Analisa Beban Gelombang pada Dinding Vertikal Struktur Perpanjangan Jetty PLTGU Grati*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Satepu, Tika Andani. 2014. "Analisis Konfigurasi Pondasi Tiang Pancang Kernel Jetty Terhadap Gaya Lateral pada Pembangunan Jetty Pulau Laut". *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Volume 2. No. 2. Halaman 245-253.
- SNI-03-2847. 2002. Tata Cara Perencanaan Perencanaan struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Tomlinson. 1994. *Pile Design and Construction Practice Fourth Edition*. E & FN SPON : London.
- Wahyuni, Fitria. 2013. "Alternatif Perencanaan Gedung 3 Lantai pada Tanah Lunak Dengan dan Tanpa Pondasi Dalam". *JURNAL TEKNIK POMITS*. Volume 1. No. 1. halaman 1-6.
- Weggel, J. R. 1972. *Maximum Breaker Height. Journal of Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division*. Vol. 98. WW4.

BIODATA PENULIS



Cahyaningtyas Sriandini lahir di Kabupaten Lamongan pada tanggal 18 Agustus 1993. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal TK hingga SMA di Lamongan, tepatnya di Kecamatan Kedungpring. Yaitu TK AL-Hidayah lulus pada tahun 2001, SD Negeri Tlanak III lulus ada tahun 2006, SMP Negeri 1 Kedungpring lulus tahun 2009, dan SMA Negeri 1 Kedungpring lulus tahun 2012. Kemudian setelah lulus SMA pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan dengan NRP 4312100024. Selain aktif dalam bidang akademis penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan, diantaranya kepanitiaan yang diadakan oleh Institut maupun Jurusan; Unit Kegiatan Mahasiswa (Racana Putra Putri Sepuluh Nopember/Pramuka ITS); dan Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Teknik Kelautan; serta Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Kelautan (LDJ Bahrul ‘Ilmi). Penulis memiliki pengalaman Kerja Praktik selama dua bulan di PT. Pelabuhan Indonesia III (PELINDO III). Penulis juga merupakan anggota Laboratorium Bawah Air dan Dasar Laut Jurusan Teknik Kelautan. Di akhir studinya, penulis mengambil Tugas Akhir mengenai Analisa Perilaku Tiang Pancang pada Struktur Perpanjangan Kanal *Water Intake* PLTGU Grati.

Contact Person :

csriandini@gmail.com